episteme

filosofia e história das ciências em revista

ISSN 1413-5736 v.11 n.24 jul./dez. 2006

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados
Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS AVANÇADOS

GRUPO INTERDISCIPLINAR EM FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Reitor
José Carlos Ferraz Hennemann
Vice-Reitor
Pedro Cezar Dutra Fonseca
Pró-Reitor de Pesquisa
Cezar Augusto Zen Vasconcellos
Vice-Pró-Reitora de Pesquisa
Marininha Aranha Rocha
Diretor do ILEA
Eloy Julius Garcia
Coordenador do GIFHC
Aldo Mellender de Araújo

episteme

filosofia e história das ciências em revista

EDITOR
Rualdo Menegat.

COMISSÃO EDITORIAL
Aldo Mellender de Araújo, Anna Carolina K. P. Regner, Daniel Hoffmann, Rualdo Menegat e Russel Teresinha Dutra da Rosa.

CONSELHO EDITORIAL
Alfredo Veiga-Neto (UFRGS, Brasil); *Alberto Cupani* (UFSC, Brasil); *Ana Maria Alfonso Goldfarb* (PUCSP, Brasil); *Attico Chassot* (UNISINOS, Brasil); *Caetano Ernesto Plastino* (USP, Brasil); *Carlos Arthur Nascimento* (UNICAMP, Brasil); *Eduardo Antonio Rabossi* (Universidad de Buenos Aires, Argentina); *José Luís Goldfarb* (PUCSP, Brasil); *Mario Otero* (Universidad de la Republica, Uruguai); *Michael Ruse* (Florida State University, Estados Unidos); *Rejane Maria de Freitas Xavier* (MINC/Brasília, Brasil); *Roberto de Andrade Martins* (UNICAMP, Brasil); *Timothy Lenoir* (Stanford University, Estados Unidos); *Thomas Glick* (Boston University, Estados Unidos); *Ubiratan D'Ambrósio* (PUCSP, Brasil); *Víctor Rodrígues* (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Expediente: episteme é uma publicação do Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências. Programa de Apoio a Grupos Interdisciplinares (PROPESQ). **Capa de**: Carla Luzzatto. **Tradução dos resumos para o inglês**: Hedy L. Hofmann. **Editoração eletrônica**: *www.comtextoeditoracao.com.br*. **Periodicidade**: semestral. **Tiragem:** 1.000 exemplares. **Forma de aquisição**: R$ 16,00 (ver "como adquirir" em http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/ ou contatar endereço, telefone, fax ou e-mail abaixo).

Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43 322 sala 104 - Campus do Vale, Porto Alegre, RS 91509-900 Brasil, Fax (51) 3316-7155 e 3316-7156, Fones (51) 3316-6941 e 3316-6945, E-mail: **gifhc@ilea.ufrgs.br;**
URL: **http://www.ilea.ufrgs.br/gifhc; http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/**

Apoio:

ESTUDOS HISTÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS SOBRE EVOLUÇÃO

Tanto quanto a teoria da relatividade de Albert Einstein, a teoria da seleção natural de Charles Darwin recebe uma imensa atenção, seja por parte de cientistas e filósofos, seja por parte do público em geral. Para comprovar essa afirmação, é suficiente lançar um rápido olhar pelas prateleiras das livrarias ou pelos sumários das revistas especializadas e de divulgação científica. Em parte, esse interesse causado pela teoria da evolução se deve ao fato de que ela nos permite abordar e dar sentido à história da vida, em termos gerais, e, em particular, a um dos problemas centrais da humanidade: a origem de nossa própria espécie. É praticamente certo que todo e qualquer ser humano já se questionou acerca de sua origem e de seu fim. As respostas são muitas, cobrindo um largo espectro de perspectivas, desde a ciência até a religião, passando pela filosofia e pela política. Desde o seu surgimento, a teoria da evolução de Darwin recebeu atenção e críticas, além de despertar sentimentos variados a respeito de seu valor de verdade, de sua base empírica e de sua relevância teológico-filosófica. Não há nada que nos indique que essa situação se modificará no futuro. A despeito desta sua característica, a teoria da evolução de Darwin tem pelo menos uma outra, igualmente relevante, a saber: a capacidade de integrar-se a outras áreas do conhecimento e da reflexão. Essa integração é normal e mesmo desejável, ainda que ela possa, em alguns casos, gerar mal entendidos. Em suma, como tudo aquilo que é muito usado, também com a teoria da evolução ocorrem abusos.

Ao selecionarmos os artigos para este número de *Episteme* dedicado à teoria da evolução, pretendemos reunir uma pequena, mas significativa, amostra das reflexões sobre as inter-relações que a teoria da evolução construiu desde o seu surgimento. *Grosso modo*, os trabalhos deste número pertencem aos seguintes domínios: biologia teórica, filosofia da biologia, história da ciência e filosofia da ciência. Ou ainda: quase todos eles pertencem a mais de uma área, demonstrando o forte grau de interdisciplinaridade presente no tema da evolução, o que é muito saudável.

No artigo intitulado *George John Romanes e a teoria da seleção fisiológica*, que trata de um período importante da história do darwinismo, o professor Roberto de Andrade Martins, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas, nos oferece uma análise do programa profissional de George John Romanes, discutindo seu papel e suas estratégias

durante a luta pelo reconhecimento e pela liderança entre os darwinistas, no final do século XIX. A análise que faz da trajetória profissional de Romanes o leva à conclusão de que este poderia ter conseguido sucesso em sua ambição de tornar-se líder do grupo darwiniano, caso seus estudos experimentais tivessem dado bons resultados e ele tivesse vivido por mais tempo.

O professor Gustavo Caponi, do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina, em seu artigo intitulado *Como pensam as espécies?*, discute um aspecto fundamental para a tese de Dennet de que o programa adaptacionista darwiniano é uma translação legítima da perspectiva intencional no domínio da Biologia. Trata-se do problema de qual sistema intencional seria o objeto do programa darwiniano. O professor Caponi não considera que Dennett esteja certo em sua proposta de que a natureza como um todo seria tal sistema e busca argumentar que ele seria, antes, uma população ou uma linhagem de organismos.

No artigo *Teorias e modelos em genética de populações: um exemplo do uso do método axiomático em biologia*, os professores João Carlos Marques Magalhães, do Departamento de Genética da Universidade Federal do Paraná, e Décio Krause, do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina, tratam algumas teorias da biologia evolutiva a partir da perspectiva do método axiomático, mostrando, em particular, como um "predicado de Suppes" para a teoria sintética da evolução pode ser desenvolvido. Com base em sua formulação, eles discutem a noção de aptidão darwiniana e buscam explorar as relações entre a teoria da seleção natural e a genética de populações.

A auto-organização e a seleção natural na origem da vida e na evolução são discutidas pelo professor Romeu Cardoso Guimarães, Departamento de Biologia Geral do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, em seu trabalho cujo título é *Auto-organização e seleção na origem da vida e na evolução*. O professor Guimarães oferece uma descrição dos seres vivos como sistemas metabólicos individualizados, dotados de memória ou informação na forma de sistemas genéticos e da própria dinâmica da rede metabólica, e uma concepção da vida como o processo de metabolizar. Com base nesta concepção da vida e dos seres vivos, ele apresenta modelos para a explicação da evolução, explorando os limites da seleção e os processos auto-organizativos.

A construção do darwinismo neural, como uma extensão metafórica da teoria da seleção natural, é discutida pela pesquisadora do Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, Ana Maria Rocha de Almeida, e pelo professor Charbel Niño El-Hani, do Departamento de Biologia Geral do

Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, no artigo intitulado *Darwinismo neural: uma extensão metafórica da teoria da seleção natural*. O darwinismo neural explica o funcionamento do sistema nervoso central com base em um processo de seleção populacional de grupos neuronais e compartilha uma série de características com a teoria da seleção natural. Após examinar estas características e discutir os mecanismos propostos para explicar o desenvolvimento e a dinâmica do sistema nervoso central, os autores mostram como o darwinismo neural pode ser visto como uma forma de epistemologia evolucionista.

Os professores Paulo Abrantes, do Departamento de Filosofia e do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília, e Fábio Portela Lopes de Almeida, do Instituto de Educação Superior de Brasília, no artigo *Criacionismo e darwinismo confrontam-se nos tribunais... da razão e do direito*, analisam, de modo comparativo e sem fugir ao debate, a teoria darwinista da evolução e um conjunto de concepções criacionistas. Por meio desse confronto, buscam compreender, sob ponto de vista da filosofia, quais são os pressupostos presentes nos debates em torno desse tema. Em particular, são avaliados os critérios epistêmicos usados para a determinação da confiabilidade das concepções em questão. Finalmente, os autores verificam os impactos jurídicos dos embates entre criacionistas e evolucionistas na educação brasileira.

No artigo *Problemas del programa adaptacionista y su influencia en la teoría sintética*, o professor Vicente Dressino, da Faculdade de Ciências Naturais da Universidade Nacional de La Plata e do Museu de Ciências Naturais de La Plata, traz uma contribuição interessante para a compreensão do estatuto atual da teoria sintética na biologia evolutiva, ao discutir o endurecimento desta teoria e o programa adaptacionista. O professor Dressino argumenta que as suposições sobre as quais se apóia o programa adaptacionista não são testáveis e explora as implicações de resultados da biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo) para a compreensão da evolução da forma biológica.

Não poderíamos terminar este editorial sem deixar de agradecer a confiança e a paciência dos autores, tendo em vista os percalços sofridos pelo projeto original de publicar um livro sobre evolução. Para que a idéia original não se perdesse, foram fundamentais a generosidade e a amizade da professora Anna Carolina Regner, que nos socorreu num momento em que já não víamos como concretizar o projeto, colocando-nos em contato com o professor Rualdo Menegat, editor da *Episteme*. Este abraçou logo a idéia de publicar esses artigos, tendo sido sua contribuição fundamental e eficiente. A ele, os nossos mais sinceros agradecimentos. Esperamos que o presente número possa contribuir

para que *Episteme* continue a desfrutar do respeito e do interesse que tem despertado na comunidade acadêmica, desde sua fundação.

Antonio Augusto Passos Videira
Charbel Niño El-Hani
Co-editores convidados

SCOTT F. GILBERT: CIÊNCIA, MÚSICA, ÉTICA E LITERATURA

Daniel Sander Hoffmann*

RESUMO

Scott F. Gilbert é um renomado embriologista que tem uma preocupação especial com a história e a filosofia subjacentes à sua própria disciplina. Ele aqui nos fornece diversos relatos em primeira mão do fascinante universo da biologia evolutiva do desenvolvimento e abre uma janela completamente nova para a compreensão da complexa e tensa dialética entre ciência e arte – e, por extensão, entre o objetivo e o subjetivo, entre o lógico e o emotivo, entre o cientista em seu frio laboratório de *hard science* e o mesmo indivíduo, agora sem seu jaleco, que se revela como um vasto repositório das mais profundas e humanas aspirações éticas e estéticas.
Palavras-chave: biologia evolutiva do desenvolvimento; campos morfogenéticos; embriologia; ética; Scott F. Gilbert.

SCOTT F. GILBERT: SCIENCE, MUSIC, ETHICS AND LITERATURE

Scott F. Gilbert is a renowned embryologist who is particularly concerned about the history and philosophy behind his own discipline. Here he provides us with several first-hand accounts of the fascinating universe of evolutionary developmental biology, and opens up a wholly new window into the understanding of the complex and tense dialectics between science and art – and by extension between the objective and the subjective, between the logical and the emotional, between the scientist inside his or her cold hard science laboratory and the same individual, this time without his or her white coat, that reveals himself or herself as a vast repository of the most profound and human ethical and aesthetical ambitions.
Key words: evolutionary developmental biology; morphogenetic fields; embryology; ethics; Scott F. Gilbert.

---

* Engenheiro Mecânico, Biólogo, Mestre em Engenharia, Mestre em Ecologia, Doutor em Genética, Professor Adjunto da UERGS e membro do GIFHC da UFRGS. *E-mail: hoffmann@transplexity.org*. *Website*, onde podem ser encontradas esta e as entrevistas anteriormente publicadas em *Episteme*, em sua língua original: *www.transplexity.org*

Scott F Gilbert é o professor de biologia *Howard A. Schneiderman* em *Swarthmore College*, onde leciona desde 1980 nas áreas de genética do desenvolvimento, embriologia e história da biologia. Graduado em 1971 em biologia e em religião pela universidade de Wesleyan, recebeu seu título de mestre em história da ciência sob a supervisão de Donna Haraway na universidade Johns Hopkins, e realizou seu doutorado em biologia através do laboratório de genética pediátrica da Dra. Barbara Migeon, na mesma instituição. Alguns de seus livros mais importantes são: *Developmental biology,*[1] *A conceptual history of embryology*,[2] *Embryology: constructing the organism*[3] e *Bioethics and the new embryology: Springboards for debate*.[4]

Dentre os prêmios recebidos por este brilhante cientista destacam-se o primeiro prêmio Viktor Hamburger por excelência na educação em biologia do desenvolvimento, o prêmio Alexander Kowalevsky em biologia evolutiva do desenvolvimento, um grau honorário da universidade de Helsinki, a medalha de François I do *Collège de France* e o *Dwight J. Ingle Memorial Writing Award*. Ele é membro do comitê de educação da Sociedade para a Biologia do Desenvolvimento, associado da Sociedade Americana para o Progresso da Ciência e membro correspondente da Sociedade de Naturalistas de São Petesburgo. A sua pesquisa é correntemente financiada pela *National Science Foundation* e diz respeito especificamente aos mecanismos genéticos de desenvolvimento que levam à formação da carapaça das tartarugas.

Hoffmann – *Professor Gilbert, como você gostaria de se apresentar para o leitor de Episteme?*

Gilbert – Eu gostaria de me apresentar como um biólogo que teve a felicidade de cursar disciplinas de filosofia e história da ciência. Eu sou um biólogo evolutivo do desenvolvimento, o que significa que eu tento estudar os mecanismos por meio dos quais mudanças no desenvolvimento causam (e restringem) mudanças na evolução. Minha pesquisa biológica envolve o estudo de como a tartaruga forma a sua carapaça. Para estudar isso, nós observamos como mudanças na expressão dos genes ocorrem, de modo que os ossos sejam

---

[1] GILBERT, Scott F. *Developmental biology*. Sunderland: Sinauer, 2006. Edição em português: Gilbert, Scott F. *Biologia do desenvolvimento*. Ribeirão Preto: Funpec, 2006. 564 p.

[2] GILBERT, Scott F. (ed.). *A conceptual history of embryology*. Baltimore: Johns Hopkins University, 1994.

[3] GILBERT, Scott F.; RAUNI, Anne M. (eds.). *Embryology: constructing the organism*. Sunderland: Sinauer, 1997.

[4] GILBERT, Scott F.; TYLER, A., ZACKIN, E. *Bioethics and the new embryology: springboards for debate.* Sunderland: Sinauer, 1997.

formados na pele ao invés de se formarem mais fundo, no interior do corpo. Filosoficamente, eu sou um realista crítico. Existe uma natureza lá fora a ser estudada, porém o "como" nós a estudamos, que questões levantamos, e como interpretamos nossos resultados, tudo isso está sujeito à cultura dentro da qual nós trabalhamos.

Hoffmann – *Você concorda que os biólogos em geral fariam melhor em aprofundar-se e efetivamente conhecer mais, e escrever a respeito da história por trás de sua ciência? A propósito, poderia parecer, após um exame superficial, que os livros modernos de embriologia preservam, em média, relatos históricos mais detalhados que livros de outras áreas da biologia. É correto dizer isso? Em caso afirmativo, qual seria a razão para esse fato?*

Gilbert – Eu tenho me impressionado ao constatar quanto de minha pesquisa deriva de meus estudos em história e filosofia da biologia. Quando eu era estudante de graduação, ninguém me contou sobre as grandes questões envolvendo os mecanismos de desenvolvimento na mudança evolutiva. Eu descobri sobre eles por intermédio de palestras sobre a história da ciência. Eu era um estudante de pós-graduação (em biologia) na universidade Johns Hopkins quando Camille Limoge, Bill Coleman e Donna Haraway estavam todos lá, lecionando no departamento de história e filosofia da ciência. Assisti a um seminário de Camille Limoge sobre Richard Owen e o conceito de homologia; um curso de Bill Coleman sobre Thomas Huxley, e um curso de Donna Haraway sobre a história da embriologia. Foi onde eu tomei contato com todas as questões não respondidas que foram deixadas para trás quando a biologia do desenvolvimento se conectou à genética. Lá eu me tornei um estudante de pós-graduação, e recebi meu mestrado como orientado de Donna Haraway. Por felicidade, os biólogos do desenvolvimento se preocupam freqüentemente com a sua história. Nosso campo de estudo vê a história como importante para o momento presente, considerando que o presente não pode ser explicado sem a sua história. A embriologia costumava ser chamada de *Entwickelungsgeschichte*.[5] A biologia evolutiva, a paleontologia e a biologia do desenvolvimento são as grandes ciências históricas, e C. H. Waddington as agrupou como "biologia diacrônica".

Hoffmann – *Qual a sua história favorita dos antigos arquivos da biologia do desenvolvimento? Que histórias você considera mais inspiradoras? E a mais bizarra?*

Gilbert – Creio que minha história predileta da biologia do desenvolvimento provém do início do século XX, quando uma das grandes questões da

[5] Palavra germânica que significa "história do desenvolvimento".

biologia do desenvolvimento era: que parte do ovo fertilizado, o núcleo ou o citoplasma, controla o desenvolvimento? T. H. Morgan era o principal defensor americano da hipótese do citoplasma, enquanto E. B. Wilson e Nettie Stevens eram os principais apoiadores americanos da teoria nuclear. Era incrível o fato de que Morgan e Wilson fossem ótimos amigos, saindo juntos em passeios e piqueniques. Stevens era a melhor aluna de pós-graduação de Morgan na época (antes dele criar seu *Fly Room*[6] na universidade de Columbia). Essas amizades entre cientistas competidores não poderia ter ocorrido na Europa. Similarmente, quando Stevens solicitou financiamento à *Carnegie Institution*, ambos Morgan (originalmente seu professor e agora adversário) e Wilson (que estava conduzindo uma pesquisa análoga e era seu rival) escreveram cartas entusiásticas em seu apoio.

As histórias que eu considero inspiradoras são aquelas de pesquisadores que fizeram avanços pioneiros e que viveram para ver seu trabalho confirmado. Salome Gluecksohn-Waelsch propôs uma nova ciência, genética do desenvolvimento, e fez observações de embriões de camundongo em função dos quais ela propôs os mecanismos de certas mutações. Meio século mais tarde, esses foram confirmados, e ela viveu o suficiente para ir ainda a congressos e ouvir discussões sobre eles. Da mesma forma, Mal Stinberg se aposentou logo após obter sucesso na confirmação de um trabalho em nível molecular que ele havia começado quarenta anos antes, sobre como tecidos embriônicos formam órgãos.

Eu fui à universidade de Helsinki, em 1990, para trabalhar com Lauri Saxén, porque ele iria se aposentar no ano seguinte. Quando parti, comentei que ele ainda não havia se aposentado. Ele levou sua mão à cabeça e exclamou: “eu esqueci!”. Na verdade, ele e seus colegas de laboratório estavam descobrindo os mecanismos de fenômenos que ele estivera estudando ao longo dos últimos cinqüenta anos. Ele não queria se aposentar do laboratório até descobrir o que eram esses mecanismos. E ele conseguiu!

As histórias mais bizarras são daqueles organismos incríveis cujo desenvolvimento forma a base de filmes de horror e de comédias domésticas. Por exemplo, certas vespas parasitas comem seu hospedeiro de dentro para fora, formando seus órgãos de uma maneira diferente de qualquer outro inseto. Então, para somar insulto à injúria, eles se acasalam sobre o cadáver de sua vítima. Existem também aquelas cracas nas quais, em uma espécie, o macho vive em uma espécie de manto dentro da fêmea, não fazendo nada além de produzir espermatozóides para os ovos dela. Em outra espécie de craca, os

[6] “Laboratório de moscas”.

machos e fêmeas são separados, e o macho tem um "pênis-sonda" que se arrasta através do substrato, entrando em outras conchas e liberando esperma somente se essas conchas contiverem fêmeas. Se você estuda biologia do desenvolvimento ou parasitologia, a ficção científica parece muito tímida.

Hoffmann – *Por falar em ficção científica, você mencionou em outra entrevista*[7] *que gosta de escrever ficção científica e que pretende inclusive finalizar (e esperamos que venha a publicar!) algumas de suas histórias. O seu comentário capturou minha atenção porque aparentemente existe, hoje em dia, um grande número de histórias de ficção científica com um foco em biologia. Isso contrasta com a velha tradição de histórias "amarradas" à física, onde robôs e espaçonaves dominam o cenário. Exemplos de histórias recentes de ficção científica*[8] *são Gene Wars (de Paul McAuley, um professor e pesquisador com formação em botânica e zoologia), Wang's Carpets (de Greg Evan, um matemático e programador de computadores – a história é sobre "vida artificial"), Sexual Dimorphism (de Kim Stanley Robinson, um escritor profissional) e Microbe (de Joan Slonczewski, uma professora e – obviamente – microbióloga). Minha questão seria: você escreve sobre "tartarugas espaciais"? Ou melhor, você usa os conceitos da biologia evolutiva do desenvolvimento e o seu conhecimento geral e habilidades em biologia para incrementar suas histórias?*

Gilbert – Eu não escreveria sobre tartarugas espaciais, especialmente porque Terry Pratchett tem escrito de forma tão adorável sobre os Astroquelônios, aquelas tartarugas, viajantes espaciais, que carregam sobre as suas carapaças os quatro elefantes que suportam o mundo. Outros escritores de ficção científica que estão reagindo positivamente à biologia contemporânea são *Racoona* Sheldon e John Varley. Eles têm tomado emprestados conceitos biológicos (simbiose e alternação de gerações) e predizem o que poderia acontecer se esses conceitos fossem aplicados a seres conscientes. Em minhas próprias histórias eu uso conceitos biológicos e eventos atuais – o que acontecerá, por exemplo, se toda essa onda sobre engenharia genética e terapia com células-tronco vier a se tornar uma realidade. Teremos pilhas de velhos atingindo, com plena saúde, uma idade muito avançada. Você acha que as pessoas querem viver tanto? Eu imagino, então, que a maior parte do terrorismo mundial e do crime será praticada por idosos querendo fazer algo por alguma

[7] *Int. J. Dev. Biol.*, n. 49, p.9-16, 2005.

[8] O leitor interessado pode encontrar algumas destas (e muitas outras) histórias de ficção científica em: Hartwell, David G.; Cramer, Kathryn (eds.). *The Hard SF Renaissance*. New York: Orb, 2002.

causa e morrendo no processo. Eu também me divirto imaginando a confusão em um planeta no qual um acidente genético os impede de terem filhas. No início, eles se tornam uma espécie guerreira, pilhando mundos vizinhos à cata de mulheres. Mas então eles têm uma idéia melhor: um verdadeiro concurso de Miss Universo!

Hoffmann – *No prefácio à sétima edição de seu excelente livro-texto Developmental Biology*[9] *você afirma: "... se você busca os desafios intelectuais de construir novos conceitos, a biologia do desenvolvimento é o lugar certo para se estar". Como você vê a interação entre o trabalho teórico e o empírico nessa área? Que tipo de suporte teórico ainda falta? Que ferramentas conceituais são necessárias?*

Gilbert – A biologia do desenvolvimento está trilhando caminhos notáveis. Por exemplo, ela está se juntando à ecologia para buscar as causas proximais das estratégias de história de vida. Ela tem mostrado que, para a maior parte das espécies, sinais ambientais desempenham um papel central na determinação dos genes que se tornam ativos e das estruturas que podem se formar. A biologia do desenvolvimento tem igualmente mostrado que nós nos desenvolvemos como comunidades simbióticas, o que coloca em jogo os nossos conceitos de individualidade. Ela também questiona a nossa epistemologia, já que nossa ciência tem conscientemente lidado com os organismos de tal forma que o ambiente não desempenha um papel importante. Isso tem conseqüências enormes para a biologia da conservação, por exemplo, quando pesticidas podem ser benignos sob condições laboratoriais, mas tóxicos em condições naturais, onde os estágios juvenis dos organismos recebem sinais de desenvolvimento a partir de seu ambiente.

A biologia do desenvolvimento tem também criado conexões com a biologia evolutiva. Aqui, várias correntes intelectuais estão se agitando. Primeiro, a interação dos organismos em desenvolvimento com os seus ambientes tem-nos obrigado a reconhecer que muitos nichos são construídos, em vez de serem pré-formados. De forma similar ao ajuste induzido em bioquímica, aparentemente há um *fitness* induzido nos organismos à medida que eles interagem com os outros componentes de seu ambiente para criar nichos. Em segundo lugar, as novas tecnologias de DNA recombinante estão nos permitindo estudar os genes que estão sendo selecionados. Podemos agora examinar os genes que distinguem os pés membranosos do pato dos pés com garras de outras aves. Estamos começando a compreender como as mudanças no desenvolvimento causam as diferentes morfologias de bico nos tentilhões

[9] Atualmente, o livro está em sua oitava edição, ver referência atualizada acima.

de Darwin, como as tartarugas ganharam as suas carapaças, como os morcegos adquiriram as suas asas, e como as zebras passaram a ter listras. Em terceiro lugar, a modelagem matemática está retornando à biologia do desenvolvimento. Isso exigiu toda uma revolução nos computadores, mas alterações morfológicas complexas podem agora ser modeladas e parcialmente explicadas. Adicionalmente, a biologia do desenvolvimento está se juntando à medicina para explicar a origem e a dispersão dos cânceres, a habilidade de regeneração de órgãos e as causas dos defeitos congênitos. De fato, anomalias congênitas, cânceres e regeneração podem ser todos interligados através da sinalização intercelular e de fatores parácrinos. Assim, novas estruturas explicativas estão sendo construídas e isso, por si mesmo, também é causa de entusiasmo. Se for para termos uma síntese de campos do conhecimento, e não somente um acordo entre eles, então deverá haver muita redefinição e reestruturação de idéias. Os dados podem vir a permanecer os mesmos, mas os contextos mudarão. O papel dos genes na evolução está sofrendo uma revisão dramática, os papéis da seleção natural e do desenvolvimento estão sendo redefinidos, a importância da variação intra-específica e de como as variantes se disseminam por meio das populações está sendo investigada, não apenas com novas ferramentas, mas a partir de novas perspectivas. O que nós precisamos é de biólogos com um treinamento generalista, que não estejam presos a uma única metodologia ou conjunto de paradigmas. Eu, às vezes, sinto que ninguém está realmente preparado para ensinar a biologia do desenvolvimento atual. Espero que nossos estudantes sejam aqueles que juntarão as partes e mudarão a forma com que a biologia é praticada.

Hoffmann – *Eu sei que esta pode parecer uma palavra perigosa, mas você diria que precisamos de "holistas" para realizar essa síntese? Por exemplo, diversos biólogos ao longo das últimas décadas, trabalhando com a teoria dos sistemas, cibernética, teoria da informação, e assim por diante, foram adeptos de uma visão mais holística, e curiosamente vemos, agora, o renascimento da "biologia dos sistemas".*

Gilbert – Eu definitivamente acredito que precisamos de uma visão "holística" (ou "organicista", para usar uma palavra melhor) para a biologia, porque agora sabemos que a causalidade pode ser de cima para baixo, bem como de baixo para cima.[10] Quando se estuda a causa do declínio dos anfíbios, é necessário conhecer os mecanismos moleculares que suportam suas vidas, mas é também preciso conhecer as conseqüências biológicas das interações em seus ecossistemas. Por exemplo, pesticidas que são inócuos no laboratório

[10] Do inglês *top-down* e *bottom-up*, respectivamente.

podem ser letais quando os girinos estão em um ambiente com predadores. A fisiologia do girino muda devido aos sinais provenientes dos predadores, e os girinos assim diferentemente ao pesticida ou herbicida. A "biologia dos sistemas" na verdade deve incorporar mais do que apenas biologia. Sociologia, economia política e práticas comerciais estão todas necessariamente presentes. Como Tyrone Hayes mostrou, para se compreender as causas do declínio de certas populações de rãs é necessário entender não apenas a biologia da rã e as propriedades de produtos químicos tais como a "atrazina",[11] mas também a economia política das terras agrícolas. Naqueles meus dias mais cínicos, eu tendo a pensar que a "biologia dos sistemas" é apenas o retorno da fisiologia e a embriologia sob a égide do computador. O computador passa a ser um símbolo de complexidade gerenciável, em contraposição ao símbolo reducionista da dupla-hélice de DNA. Ou seja, a biologia dos sistemas não é uma ciência *soft*, desorganizada, mas uma ciência tão *hard* ou "masculina" quanto a biologia molecular. Já naqueles meus dias menos cínicos eu passo a achar que a biologia dos sistemas pode nos permitir estudar eventos complexos de uma forma que nos possibilite ver "as interações entre as interações".

Hoffmann – *Dado que a biologia evolutiva do desenvolvimento está crescendo e se desenvolvendo a taxas tão elevadas, deve ser um trabalho hercúleo manter um livro-texto grande atualizado. Qual o segredo?*

Gilbert – Nenhum segredo. Eu leio bastante e participo de muitos congressos. Felizmente as publicações nessa área têm sido muito boas, e são agradáveis de ler.

Hoffmann – *Quando entrevistado por Episteme há alguns anos,[12] o filósofo da biologia Michael Ruse, indagado sobre algumas idéias novas da biologia teórica, disse explicitamente que a idéia matemática da auto-organização é "uma droga".[13] Posteriormente, ele enfatizou que a narrativa feminina na ciência também é "uma droga". Finalmente, ele afirmou que Donna "bloody" Haraway não é uma boa historiadora, que ela escreve muito mal e é isso que dá a impressão de profundidade (a expressão "uma droga" aparece novamente nesse contexto). Parece que Ruse gosta de chocar. Qual é a sua impressão, conhecendo Donna Haraway como você conhece?*

Gilbert – Michael realmente gosta de chocar. Ele, certa vez, me disse que estava muito feliz que eu houvesse escrito meu artigo de *evo-devo* de

[11] É um dos herbicidas mais comumente utilizados para a eliminação de inços, sendo alegadamente capaz de alterar a fisiologia das gônadas de anfíbios, com conseqüências ecológicas desastrosas.

[12] *Episteme*, n. 8, p. 9-20, 1999.

[13] Literalmente, "bullshit".

1996, porque aquele era um alvo muito fácil (desde então, ele parece estar adotando essa nova disciplina). Donna Haraway é uma das pensadoras mais brilhantes que jamais encontrei. Ela também choca as pessoas, mas de um modo muito mais arguto e cerebral. Donna consegue facilmente escrever uma narrativa linear, e assim procedeu em sua história do organicismo na embriologia (*Crystals, Fabrics, and Fields*).[14] Mas ela também consegue empregar outros estilos, e algumas vezes esses são técnicos (como na sua tabela das categorias de parentesco do século XX) enquanto outras vezes são poéticos. À sua própria maneira, essas diferentes formas de análise podem ser tão chocantes quanto as declarações diretas de Michael. Solicitaram-me que escrevesse a introdução à edição reimpressa de *Crystals, Fabrics, and Fields*, e nela apresentei minha visão de que muito da abordagem de Donna à filosofia e à explicação provém diretamente da tradição embriológica organicista. Os conceitos de epigenia e de emergência são críticos à compreensão de seu trabalho.

Hoffmann – *Você conhece o trabalho de biólogos teóricos como Stuart Kauffman e Robert Rosen? Considera possível termos futuramente uma teoria matemática da vida?*

Gilbert – Eu acho que haverá ocasiões quando a análise matemática irá definitivamente auxiliar a biologia. Creio que isso ocorrerá em grande parte para definir o que é provável e o que é improvável. Dentro do reino do provável, existem tantas flutuações estocásticas que a predição não será possível. Por exemplo, temos conhecimento da base genética da determinação do sexo em mamíferos desde 1905. Ainda assim, nós não podemos dizer com uma certeza maior se uma dada gravidez trará um menino ou uma menina. Eu vejo muita esperança para a matemática, na biologia do desenvolvimento, no tipo de modelagem matemática praticada por Jukka Jernvall, John Reinitz e seus colegas. Eles estão integrando os dados da biologia molecular em equações matemáticas e descobrindo que os parâmetros mudam enquanto o organismo se desenvolve (mesmo constantes não permanecem constantes, no desenvolvimento!). Além disso, esses modelos têm feito predições testáveis, muitas das quais têm levado a novas descobertas.

Eu devo dizer algo sobre o uso da matemática pelas pessoas envolvidas com o "planejamento inteligente", as quais tentam mostrar que a complexidade é grande demais para ter sido criada de forma natural. Essas pessoas gostam de enfatizar o quão improvável é a vida, e fazem uso de estatística em

[14] HARAWAY, Donna. *Crystals, fabrics, and fields: metaphors that shape embryos*. Berkeley: North Atlantic Books, 2004.

retrospecto. Usando esse tipo de estatística, é claro, poderíamos bem afirmar que ninguém é possível. Para dar um exemplo, se o seu pai produziu um trilhão de espermatozóides e sua mãe quatrocentos óvulos, então as chances de você haver nascido são da ordem de 10^{-14}. As chances de alguém nascer, entretanto, são bastante altas. E as chances de o seu pai em específico ter nascido dos pais dele são as mesmas, como são as chances da sua mãe específica haver nascido dos pais dela. Assim, as chances de você estar aqui são todas astronomicamente pequenas. Entretanto, aqui está você. Similarmente, as chances de qualquer forma de vida em particular passar a existir são muito pequenas e não podem ser previstas de forma adequada; mas as chances de alguma forma de vida evoluir são excelentes. O argumento que se usa pressupõe que existe uma meta – humanos, por exemplo, ou abelhas. Se existisse tal meta, então as estatísticas seriam válidas, e as chances de se obter uma tartaruga-de-couro[15] a partir dos protistas unicelulares poderiam ser como as chances de produzir você a partir de todos aqueles espermas e ovos. Mas não há uma meta que se conhece em avanço; nucleotídeos mudam e os animais evoluem.

Hoffmann – *Não posso evitar perguntar: o que você pensa de propostas não-ortodoxas tais como os campos mórficos e a ressonância mórfica de Rupert Sheldrake? Precisamos de "campos" para explicar o desenvolvimento? Qual o significado moderno de campos morfogenéticos? Sheldrake diria que genes e produtos gênicos não são suficientes.*

Gilbert – Eu não entendo porque se deve invocar ressonâncias mórficas e coisas afins quando a biologia por trás dos campos morfogenéticos é incrivelmente interessante e maravilhosa. Também não faço idéia se Rupert Sheldrake lê as novelas de ficção científica de Terry Pratchett que mencionei antes nesta entrevista, mas Pratchett já tinha utilizado o termo "ressonância mórfica" há vários anos. Em suas novelas *Discworld*, ressonância mórfica é a habilidade que uma mente tem de se lembrar da forma do corpo. Se alguém desejasse ser uma raposa, deveria alterar magicamente a sua ressonância mórfica e se tornar assim uma raposa. Eu não sei se eles desenvolveram essas idéias independentemente ou se um deles influenciou o outro. Existem campos morfogenéticos "reais" que são utilizados para construir o corpo. O membro se forma a partir de um grupo de células que se organizaram juntas. Se essas células são removidas, o membro não se forma. Campos morfogenéticos evoluem. Além disso, eles são entidades evolutivas acima do nível dos genes, já que as propriedades de campo dessas interações celulares surgem das interações de genes e produtos gênicos. Eu penso que Sheldrake gosta do fato

[15] *Dermochelys coriacea*, também conhecida como tartaruga-gigante.

de que essas são entidades supragênicas demonstráveis que evoluem. De fato, a capacidade evolutiva desses módulos foi um dos pontos principais daquele artigo de 1996 que eu mencionei antes, que foi referido por Michael Ruse. Naquele artigo, meus colegas e eu apresentamos evidência de que o conhecimento de genes e de produto gênicos não é suficiente para explicar o desenvolvimento, e que existem módulos em outros níveis de organização, com suas próprias propriedades que podem evoluir. Sheldrake diz que ele tomou suas idéias dos trabalhos de Spemann e Weiss (para a análise dos campos morfogenéticos deles, deve-se olhar o livro de Donna Haraway mencionado acima). Entretanto, Dr. Sheldrake está mais interessado na aplicação dessa noção a módulos sociais, e ele postula que interações entre pessoas e seus produtos, uma vez que tenham se tornado habituais, podem ser selecionadas e propagadas. Portanto, eu penso que ele está utilizando os campos morfogenéticos como um paradigma ou modelo biológico para o tipo de módulo social no qual ele está interessado.

Hoffmann – *É amplamente sabido que o famoso físico e prêmio Nobel Richard Feynman gostava de tocar bongôs em bares noturnos. O cosmólogo e guitarrista húngaro Alex Szalay (da universidade Johns Hopkins) toca jazz e rock progressivo com a sua banda Panta Rhei desde os anos setenta do século passado, e ainda em 2002 gravou e lançou um novo álbum. Um certo estudante abandonou a pós-graduação em astrofísica no Imperial College de Londres quando seu grupo de rock começou a fazer sucesso. Eu me refiro ao guitarrista Brian May, do Queen. Scott Gilbert toca piano em uma banda tradicionalista klezmer*[16] *chamada Knish. Existem diversos exemplos parecidos por aí.*[17] *Como se explica isso? Música e ciência parecem ser totalmente compatíveis, no fim das contas...*

Gilbert – Eu acho estranho quando um biólogo me confessa que ele ou ela não tem qualquer interesse em música ou talento musical. Parece que, de muitas formas, o desenvolvimento é música feito carne. Existem variações sobre temas e criatividade dentro de certos limites. Existe ritmo e periodicidade, existem fugas, suítes, contrapontos, "crescendos" e, é claro, o uso combinatório dos mesmos elementos básicos para criar padrões originais e inesperados. Tanto para a música quanto para os organismos, o vir-a-ser é a essência, e o mesmo roteiro, seja ele o genoma ou a partitura, é interpretado diferentemente a cada

---

[16] Klezmer é um estilo de música judaica que se originou nas vilas e guetos da Europa Oriental, baseada em danças populares, melodias seculares, liturgia judaica e outras fontes.

[17] A título de ilustração, cabe destacar que o próprio entrevistador, a exemplo do entrevistado, mantém um vínculo com a música paralelamente às suas atividades profissionais associadas à ciência.

vez que é executado. Muitos dos biólogos com os quais eu tenho trabalhado, especialmente Robert Auerbach, têm sido músicos fenomenais. Em *Swarthmore College,* nós temos tantos estudantes de biologia com talento musical, que ficamos especialistas na administração da crise do final da graduação, quando os alunos devem decidir se fazem pós-graduação em música ou em biologia. Há cerca de dez anos, fizemos uma comemoração de aposentadoria para Robert Savage, um biólogo celular que era também tocador de violoncelo e um *nickel-harpist*[18]. A celebração consistiu de um seminário científico composto de biólogos celulares que haviam sido seus alunos e um concerto (quinteto para piano de Schumann),[19] também executado por um grupo de biólogos celulares dos quais ele havia sido professor. E. B. Wilson era considerado o melhor tocador amador de violoncelo nos Estados Unidos, e Anton Dohrn o convencia a ir a Nápoles colocando-o a par dos grupos de câmara que estariam tocando lá. Robert Root-Bernstein escreveu de forma eloqüente (e idiossincrática[20]) sobre a importância do treinamento artístico em biologia. Eu recomendaria os seus artigos e livros (especialmente *Discovering and Sparks of Genius*) a qualquer um que tenha uma atitude séria com relação à educação científica.

Hoffmann – *Professor Gilbert, muito obrigado pela conversação, que foi muito interessante e fala por si mesma. Quais são as suas palavras finais?*

Gilbert – Eu acho que os cientistas precisam ser educados sobre os pressupostos filosóficos de suas disciplinas e sobre as ramificações sociais de sua pesquisa. Os dias da torre de marfim já se foram completamente. As aulas de biologia são com freqüência lições cívicas disfarçadas, e nós biólogos temos de ser extremamente cuidadosos com as histórias que estamos contando. A biologia tem uma riqueza de histórias interessantes e importantes – interacionismo, simbiose e evolução, dentre elas. Nós precisamos discutir tanto cooperação quanto competição, e tanto emergência quanto hierarquia. A ciência começa com a admiração, e as fontes dessa admiração devem ser protegidas e conservadas.

---

[18] Músico que toca um curioso instrumento que se parece com o violino, porém possuindo botões no braço.

[19] Composto por Schumann em 1842 originalmente na tonalidade de mi maior, sendo o seu *opus* 44. Da mesma forma que muitos quintetos de piano, foi escrito para piano e quarteto de cordas (dois violinos, uma viola e um violoncelo).

[20] Excêntrica, peculiar.

GEORGE JOHN ROMANES E A TEORIA DA SELEÇÃO FISIOLÓGICA

*Roberto de Andrade Martins**

RESUMO

Este artigo discute as contribuições de George John Romanes (1848-1894) à teoria da evolução. Em seu trabalho evolucionista inicial, Romanes podia ser considerado como um mero discípulo e colaborador de Darwin. Falando estritamente, um seguidor de Darwin apenas tentaria desenvolver e difundir as idéias darwinianas, aplicá-las a casos novos, obter novas evidências a favor dessa teoria e responder problemas e objeções contra essa teoria. No entanto, depois de trabalhar alguns anos sob a direção de Darwin (por exemplo, tentando conseguir uma fundamentação experimental para a hipótese da pangênese), Romanes adotou outra estratégia. Assim como vários outros dos que se denominavam darwinianos no final do século XIX, Romanes tentou corrigir e complementar a teoria de Darwin, com a introdução de novos conceitos e hipóteses (especialmente sua "seleção fisiológica"). A nova atitude de Romanes pode ser considerada como um esforço para sair da sombra de Darwin e exibir sua própria luz. Além disso, Romanes tentou desqualificar o trabalho de outros darwinianos que tinham objetivos semelhantes.

Palavras-chave: Romanes, George John; teoria da evolução; seleção fisiológica; história da biologia.

GEORGE JOHN ROMANES AND THE THEORY OF PHYSIOLOGICAL SELECTION

This paper discusses George John Romanes' (1848-1894) contributions to evolution theory. In his early evolutionary work, Romanes could be regarded as a mere disciple and collaborator of Darwin. Strictly speaking, a follower of Darwin would only attempt to develop and to diffuse Darwin's ideas, to apply them to new cases, to obtain new evidence for this theory and to

* Professor do Instituto de Física "Gleb Wataghin", da Universidade Estadual de Campinas. Grupo de História e Teoria da Ciência, Unicamp. Doutor em Lógica e Filosofia da Ciência pela Unicamp. *E-mail: rmartins@ifi.unicamp.br*

answer to problems and objections against Darwin's theory. However, after working for some time under Darwin's guidance (for instance, trying to provide an experimental foundation for the hypothesis of pangenesis), Romanes adopted another strategy. As several other so-called Darwinians of the late 19th century, he endeavored to correct and to complement Darwin's theory, with the introduction of new concepts and hypotheses (especially his "physiological selection"). Romanes' new attitude might be regarded as an effort to step out of Darwin's shadow and to exhibit his own brightness. Besides that, Romanes strove to undermine the work of other Darwinians that aimed at similar goals.
Key words: Romanes, George John; evolution theory; physiological selection; history of biology

---

Nos seus últimos anos, a relação profissional mais íntima de Charles Darwin foi com George John Romanes, a quem ele confiou a carga do trabalho de sua vida.

(Forsdyke, 1999, p. 112)

INTRODUÇÃO

George John Romanes (1848-1894) foi um pesquisador que desenvolveu grande parte de sua vida científica sob a tutela de Charles Darwin. Em 1870, enquanto ainda era um estudante universitário em Cambridge, Romanes iniciou pesquisas sobre fisiologia, sob a orientação de Michael Foster. Logo depois, começou a estudar os trabalhos de Darwin (LESCH, 1970). Em 1873 escreveu uma carta, publicada pela revista *Nature*, a respeito de um problema da teoria da evolução, que chamou a atenção do próprio Darwin (ROMANES, 1873). O famoso naturalista escreveu uma carta gentil ao jovem estudante, iniciando-se assim um intercâmbio que iria durar duas décadas. No ano seguinte, Darwin convidou Romanes a encontrá-lo pessoalmente. De acordo com a biografia de Romanes escrita por sua esposa: "A partir dessa época começou uma amizade ininterrupta, marcada de um lado por uma veneração, reverência e afeição e, do outro lado, por uma gentileza quase paternal e um maravilhoso interesse pelo trabalho e pela carreira do jovem" (ETHEL ROMANES, 1896, p. 14).

Quando se encontraram pela primeira vez, Romanes tinha 26 anos de idade e não havia publicado nenhum trabalho científico relevante. Darwin, que tinha 65 anos, havia publicado seus principais trabalhos sobre evolução (*Origin of species, Variation of animals and plants under domestication,*

Descent of man). Por que Darwin, uma pessoa famosa e bem-estabelecida no mundo científico, interessou-se especialmente por Romanes?

De acordo com Joel Schwartz, quando Romanes publicou a carta na revista *Nature*, Darwin sentia a necessidade de um "forte defensor" (SCHWARTZ, 1995). Estavam se difundindo novas opiniões sobre a evolução (especialmente o neolamarkismo), colocando em risco a teoria da seleção natural.

Desde a publicação do *Origin of species*, Darwin havia procurado reunir um grupo de pessoas-chave, que defendessem sua teoria. Em uma carta a Thomas Huxley, ele escreveu: "Se pudermos constituir um conjunto unido de crentes, venceremos no futuro" (Darwin a Huxley, 27/nov./59, *in*: DARWIN, Francis, 1887, v. 2, p. 282). O grupo inicial incluía Darwin, Wallace, Thomas Huxley, Joseph Dalton Hooker, Charles Lyell e alguns outros (BOWLER, 1990, p. 131; BOWLER, 1989, p. 193).

Menos de 20 anos após a publicação do *Origin of species*, a teoria de Darwin tinha obtido grande aceitação. No entanto, não havia uma concordância científica total, mesmo no grupo de apoio de Darwin. Todos admitiam que tivesse ocorrido uma evolução dos seres vivos e que a seleção natural era um mecanismo fundamental nesse processo, mas havia poucos aspectos, além desses, que fossem aceitos de forma unânime (BOWLER, 1989, p. 195). Thomas Huxley supunha que novas espécies poderiam surgir bruscamente, e não por um processo gradual, insensível. Wallace não aceitava a teoria da seleção sexual de Darwin. Ele adotava a teoria da seleção natural de forma rígida, sem admitir outras causas de evolução orgânica. Além disso, ele alegava que nenhuma causa natural poderia explicar a origem das faculdades mentais dos seres humanos, sendo necessária uma intervenção divina para isso (WALLACE, 1869). Apesar das diferenças, nenhum deles criticava o outro de forma pública.

Thomas Huxley sempre procurava defender as idéias darwinianas, mas Darwin nem sempre ficava satisfeito com a interpretação da seleção natural que Huxley apresentava. Em 1860, depois de ouvir uma exposição de Huxley sobre evolução, ele afirmou que "esta conferência me parece ter falhado completamente como uma exposição da teoria", e "ele [Huxley] não deu uma idéia correta sobre a seleção natural" (YOUNG, 1962, p. 151).

Além de todas essas dificuldades, Darwin tinha novos problemas no início da década de 1870. Em 1868, ele havia publicado *The variation of animals and plants under domestication*, onde propôs sua "hipótese da pangênese"

---

1 Essa hipótese será explicada mais adiante neste artigo.

para explicar os fenômenos de hereditariedade.[1] Essa hipótese explicava diversos fenômenos conhecidos da época e proporcionava uma base teórica para a herança de caracteres adquiridos, que Darwin aceitava.[2] A hipótese foi atacada por muitos autores, incluindo o primo de Darwin, Francis Galton. Em 1871, este publicou o resultado de experimentos que pareciam claramente contrários à pangênese (GALTON, 1871; ver também a resposta: DARWIN, 1871).

Nessa situação, pode-se perceber que Darwin necessitava de alguém que compreendesse claramente e concordasse com todos os aspectos de sua teoria, para ajudá-lo e defendê-lo. Romanes foi a pessoa que tentou preencher essa lacuna.

De 1875 até a morte de Darwin, em 1882, Romanes foi seu discípulo e assistente mais próximo, tentando melhorar, ampliar e defender a teoria de Darwin. Ele sempre pediu a ajuda e o conselho do grande naturalista, e eles raramente discordaram sobre algum assunto. Depois do falecimento de Darwin, no entanto, Romanes passou a ter uma nova atitude. Aparentemente, ele tentou preencher o lugar vago e tornar-se o líder da pesquisa evolucionária darwiniana. De acordo com a reconstrução de sua estratégia apresentada neste artigo, ele tentou enfraquecer a posição de outros candidatos à "herança científica" de Darwin. Também tentou construir para si próprio um perfil mais compatível com uma posição de liderança, propondo uma teoria evolutiva complementar (a "seleção fisiológica") que, se fosse aceita, serviria de suporte para que Romanes assumisse uma posição central dentro da comunidade de pesquisadores da evolução.

AS PESQUISAS INICIAIS DE ROMANES: MEDUSAS E PANGÊNESE

Os temas científicos estudados por Romanes variaram muito durante sua vida. Antes da morte de Darwin, suas principais contribuições à teoria da evolução foram:

1. Um estudo detalhado do mecanismo de movimento e do sistema nervoso de invertebrados inferiores (medusas, estrelas do mar, ouriços) e análise do significado evolutivo dessas descobertas.

---

2 Darwin sempre aceitou o conceito "lamarckista" de uso-desuso e herança de caracteres adquiridos. Esse princípio foi utilizado diversas vezes no *Origin of species*, e o livro *Variation of animals and plants under domestication* proporciona grande número de evidências favoráveis a esse princípio.

2. Tentativa de encontrar evidências experimentais favoráveis à hipótese da pangênese, de Darwin.
3. Um estudo comparativo de inteligência nos animais e nos seres humanos, procurando mostrar que a evolução mental dos animais havia conduzido gradualmente ao desenvolvimento dos poderes mentais encontrados no homem.

Suas primeiras pesquisas, em 1873, sob a supervisão de Foster, trataram sobre a fisiologia de medusas. Estudou seu movimento e os resultados obtidos lhe proporcionaram o título de mestre, em 1874. Deixando Cambridge, aos 26 anos de idade, Romanes mudou-se para Londres, onde continuou a estudar medusas com William Sharpey e John Burdon-Sanderson, no *University College*. Sua família era rica e ele nunca precisou de um emprego – dedicou-se à pesquisa científica simplesmente porque gostava disso. Durante muitos anos, manteve seu próprio laboratório particular em Dunskaith, onde ele passava os verões coletando e estudando animais marinhos (ETHEL ROMANES, 1896, p. 14).

Nesse estágio de sua vida, Romanes e Darwin encontraram-se pela primeira vez. Conversaram sobre a hipótese da pangênese e acertaram que Romanes tentaria encontrar evidências experimentais a favor dessa hipótese.

Em sua obra *The variation of animals and plants under domestication*, de 1868, Darwin havia realizado um amplo estudo sobre variabilidade e sobre hereditariedade, concluindo com a proposta da hipótese da pangênese para explicar fenômenos de hereditariedade e regeneração (DARWIN, 1868, v. 2, cap. 27, p. 375).[3] Darwin supôs a existência de certas partículas (denominadas "gêmulas"), muito menores do que as células, que seriam portadoras das características dos vários tecidos e órgãos. Essas gêmulas seriam capazes de crescer, multiplicar-se e agregar-se. Elas seriam produzidas continuamente por todos os tecidos e, unindo-se a células em estado nascente, elas se desenvolveriam e determinariam as propriedades dos tecidos e órgãos.

Segundo tal hipótese, todas as partes do corpo estariam continuamente produzindo e expelindo gêmulas típicas daquela parte, que se espalhariam pelo corpo. Elas se reuniriam depois nos elementos sexuais, os quais, por isso, se tornariam capazes de transmitir as características do corpo do pai ou da mãe.

Como o organismo produziria constantemente gêmulas, os elementos sexuais conteriam partículas características de todos os estágios de desenvolvimento do indivíduo. É por isso que eles podem determinar o crescimento e

---

3 Ver a respeito das idéias de Darwin sobre hereditariedade: Castañeda, 1992.

desenvolvimento, na prole. Da mesma forma, os tecidos poderiam conter gêmulas capazes de reproduzir todo o organismo, o que explicaria a regeneração de partes amputadas e a produção de um organismo inteiro a partir de um pequeno pedaço.

Através do espermatozóide e do óvulo, os descendentes receberiam uma enorme quantidade de gêmulas de diferentes tipos. Algumas delas iriam se manifestar, mas outras ficariam em estado dormente, podendo passar às gerações seguintes e manifestarem-se nelas. Isso permitiria explicar os fenômenos de reversão ou atavismo, aos quais Darwin dava grande importância.

A hipótese da pangênese permitia explicar de forma bastante natural a herança de caracteres adquiridos – que era aceita por Darwin: como os elementos sexuais conteriam gêmulas produzidas pelo próprio organismo durante todas as fases de sua vida, qualquer alteração do organismo ficaria também impressa nos gametas.

Segundo essa hipótese, as gêmulas, contendo informações sobre os vários tecidos e órgãos de cada organismo, circulariam pelo corpo do animal ou planta. Quando duas plantas fossem unidas por enxerto, ocorreria um intercâmbio de gêmulas entre elas, afetando assim os órgãos reprodutivos da planta, levando à produção de híbridos que poderiam ser mantidos por reprodução sexual.

Romanes começou a tentar produzir esse tipo de híbridos por enxerto, embora não possuísse qualquer experiência de pesquisa em botânica. Em 1875, estava trabalhando intensamente nessa linha de pesquisa (ETHEL ROMANES, 1896, p. 21). Procurou também fazer experimentos com animais (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 144-146). Darwin tinha uma grande expectativa com relação ao sucesso desses experimentos:

> Fiquei muito interessado por sua carta, e estou realmente feliz com a perspectiva de sucesso. Uma energia como a sua levará quase seguramente à vitória. O mundo será muito mais influenciado por experimentos com animais do que com plantas. Mas de qualquer modo penso que será necessário um grande número de resultados positivos para convencer os fisiologistas. (Carta de Darwin para Romanes, 18/jul./1875, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 33)

A partir do modo como Darwin escreve, percebe-se que ele não tinha dúvidas sobre a hipótese da pangênese e não queria *testá-la*. Seu objetivo era *convencer* outros pesquisadores de que ela era uma boa hipótese. Nessa época, ele estava preparando a segunda edição do *The variation of animals and plants under domestication*, e certamente ficaria feliz de poder oferecer evidências positivas sobre sua hipótese.

Darwin considerava que Romanes era um jovem promissor e desejava agradá-lo e proporcionar-lhe certo *status* científico. Em 1875, Darwin propôs Romanes como membro da Linnean Society, com o apoio de Huxley e Hooker. Era uma honra não merecida, como o próprio Romanes manifestou: "Sou um M. A. [mestre em artes] e um membro da *Philosophical Society of Cambridge,* mas, além disso, não sou nada, nem tenho qualquer publicação digna de ser mencionada" (carta de Romanes a Darwin, 29/9/1875, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 33).

As pesquisas sobre pangênese, no entanto, não produziam nenhum resultado positivo. Ao mesmo tempo em que insistia nelas, Romanes continuou a pesquisar medusas. Em 1875, submeteu um primeiro trabalho sobre esse assunto à *Royal Society*. O trabalho foi aceito e publicado no ano seguinte (ROMANES, 1876).

Durante vários anos, Romanes estudou o sistema nervoso das medusas e o sentido de olfato em diversos invertebrados, procurando entender a evolução da inteligência animal. Seus resultados foram considerados relevantes, mas não havia nada extraordinário nessas pesquisas iniciais. De qualquer forma, sua pesquisa caminhou bem e lhe proporcionou suas primeiras publicações científicas (ROMANES, 1876, 1877, 1880). Ao mesmo tempo, entre 1875 e 1881, sob o estímulo de Darwin,[4] continuou a fazer experimentos que procuravam fundamentar a hipótese da pangênese. Em 1876, por exemplo, Darwin escreveu a Romanes:

> Caro Romanes,
> Como você está interessado na Pangênese e algum dia, eu espero, converterá um "nada aéreo" em uma teoria substancial, envio-lhe por este correio um ensaio de Häckel atacando "Pan" e substituindo-a por uma hipótese molecular. (Carta de Darwin para Romanes, sem data [1876], *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 51)

Os experimentos não deram os resultados esperados, e Romanes não publicou nenhum trabalho sobre eles, na época. Por que ele não abandonou esse trabalho que não resultava em nada, para se devotar totalmente à sua pesquisa sobre a fisiologia das medusas? Parece que Romanes queria colaborar com Darwin e estava muito ansioso para agradá-lo.

---

[4] Darwin estimulou constantemente Romanes a encontrar evidências favoráveis à pangênese. Ver, por exemplo, as cartas de Darwin em: ETHEL ROMANES, 1896, cartas de 24/set./75, p. 35; 12/jul./75, p. 40; sem data [1876], p. 49; sem data [1876], p. 51; sem data [nov. 1877], p. 69; 26/mar./81, p. 113.

Romanes manteve Darwin informado sobre o progresso (e falhas) de seus experimentos sobre enxertos. De vez em quando ele se desculpava por dedicar-se a outros temas: “Como você ouviu falar sobre [meus trabalhos sobre] medusas, temo que você pense que elas desviaram minha atenção da pangênese; mas embora seja verdade que consumiram muito tempo e energia, fiz tudo o que pude dar prioridade à pangênese” (carta de Romanes para Darwin, 14/ jul./75, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 41).

Os experimentos continuaram a não ter sucesso. Em 1877, Darwin escreveu a Romanes: “Sinto muito sobre as notícias a respeito das falhas nos experimentos de enxerto, e que não são culpa sua ou azar” (FRANCIS DARWIN, 1903, v. 1, p. 370). Nessa carta, Darwin mostra estar preocupado com a possibilidade de que Romanes desistisse dos experimentos, oferecendo-se para ajudar. Romanes aceitou a oferta e pediu a Darwin que cuidasse de uma cultura de cebolas em Down, para evitar contaminação. Em agosto de 1978, o experimento foi considerado um fracasso (ETHEL ROMANES, 1896, p. 75-76).

No período de 1879 a 1881, o envolvimento de Romanes com a hipótese da pangênese diminuiu. No entanto, em 1881 Darwin ainda o estimulava a pensar sobre pangênese, comentando sobre híbridos por enxerto, de cana de açúcar, produzidos no Brasil (FRANCIS DARWIN, 1903, v. 1 p. 389-390). Em março de 1881, Romanes consultou Darwin sobre novos experimentos que pretendia fazer (ETHEL ROMANES, 1896, p. 112-3).

Alguns anos depois, em uma carta dirigida a seu adversário científico Edward Poulton, Romanes reconheceu que sua tentativa de confirmar a pangênese nunca havia obtido sucesso:

> Embora eu tenha dedicado mais tempo e esforço do que gostaria de reconhecer (mesmo para mim mesmo) tentando provar a pangênese entre ’73 e ’80, nunca obtive resultados positivos, e não me preocupei em publicar [resultados] negativos. Portanto, não existem artigos meus sobre o assunto, embora eu possa acreditar que nenhum outro ser humano tenha tentado tantos experimentos sobre isso. (Carta de Romanes a Poulton, 11/nov./89, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 228)

Felizmente, as pesquisas sobre medusas caminharam bem e graças a elas, em 1879, Romanes foi eleito membro da *Royal Society* (ETHEL ROMANES, 1896, p. 93). Até essa época ele havia publicado apenas dois trabalhos sobre o assunto nas *Philosophical Transactions of the Royal Society*. É claro que o apoio de Darwin foi fundamental para a eleição de Romanes.

INTELIGÊNCIA ANIMAL

Os primeiros sucessos de Romanes no estudo de invertebrados lhe deram alguma notoriedade científica, mas seus resultados interessavam apenas aos especialistas. Logo depois, no entanto, ele começou a expandir seu círculo de interesses para estudar a inteligência e comportamento de todos os tipos de animais, adotando uma abordagem evolucionista.

Como já foi indicado acima, a evolução da inteligência era um aspecto delicado na teoria da evolução, já que o próprio Wallace negava a possibilidade de que as faculdades mentais humanas pudessem ter surgido de forma natural. Tanto Darwin quanto o próprio Romanes consideravam essencial, para a teoria da evolução, mostrar a existência de uma continuidade da inteligência, das formas inferiores até o homem, e explicar de forma natural o surgimento de todas as faculdades (LESCH, 1970, p. 518).

Darwin sentia que essa era uma lacuna na teoria da evolução. No parágrafo final do *Origin of species* ele havia comentado:

> No futuro, vejo campos abertos para pesquisas ainda mais importantes. A psicologia obterá uma base segura sobre os fundamentos já lançados pelo Sr. Herbert Spencer, de que cada poder mental ou capacidade foi adquirido necessariamente de forma gradativa. Muita luz será lançada sobre a origem do homem e sua história. (DARWIN, 1872, p. 428)

Até 1872 (o ano de publicação da sexta edição do *Origin of species*), Darwin tinha a esperança de que alguém se dedicasse ao trabalho de escrever sobre a evolução da mente. Alguns anos depois, ele colocou suas esperanças nas mãos de Romanes. É significativo que Darwin tenha entregado suas notas inéditas sobre instintos e psicologia a Romanes, autorizando-o a fazer com esse manuscrito o uso que lhe parecesse melhor.[5]

Em 1878, Romanes começou a redigir um livro sobre o assunto e apresentou uma conferência sobre inteligência animal na reunião anual da *British Association for the Advancement of Science* (ETHEL ROMANES, 1896, p. 73).

Darwin aprovou a conferência de Romanes e estimulou essa nova linha de pesquisa, sugerindo a Romanes que ele deveria manter um macaco em casa, para observá-lo e descrever sua inteligência. No final de 1880, Romanes

[5] Romanes, posteriormente, reconheceu a ajuda de Darwin e publicou esse manuscrito como um apêndice de seu livro *Animal intelligence*.

obteve um chimpanzé e convenceu sua irmã, Charlotte, a criá-lo (ETHEL ROMANES, 1896, p. 110). Ele descreveu suas observações no livro *Animal intelligence*.

Romanes dedicou um tempo progressivamente maior à psicologia comparada, ocupando-se menos com seus estudos fisiológicos antigos. Em 1880, ele ainda fazia algumas pesquisas sobre invertebrados inferiores com seu amigo James Cossar Ewart e seu último trabalho sobre o assunto tratou do sentido de olfato das anêmonas (ETHEL ROMANES, 1896, p. 97, 104, 109).

A conclusão principal defendida foi Romanes foi a de que a evolução mental era produzida principalmente pela atividade social, que levava ao surgimento da linguagem (BOWLER, 1989, p. 236). O resultado principal dessas pesquisas foi uma série de livros: *Animal intelligence* (1882),[6] *Mental evolution in animals* (1883), and *Mental evolution in man* (1888). O último destes livros abriu um conflito entre Romanes e Wallace, pois este último não aceitava que a inteligência humana tivesse sido desenvolvida através de uma transição contínua, a partir dos animais (SCHWARTZ, 1984).

Peter Bowler criticou a abordagem de Romanes por ser mais próxima à de Herbert Spencer do que à de Darwin, já que ele utilizou o princípio lamarkista de que os instintos eram hábitos fixados por repetição e que acabavam se tornando hereditários (BOWLER, 1990, p. 193). Deve-se notar, no entanto, que Darwin aceitava a importância dos princípios de uso-desuso e herança de caracteres adquiridos no surgimento de instintos,[7] e que também havia afirmado claramente que a abordagem de Spencer era a melhor base para a teoria evolucionária da inteligência.

OS PRIMEIROS TRABALHOS TEÓRICOS DE ROMANES

A morte de Darwin, em 1882, foi um golpe muito duro sobre Romanes. Esse acontecimento encerrou o primeiro período científico de sua vida. Exceto pelo trabalho sobre medusas (que ele havia iniciado e desenvolvido sob a influência de outros pesquisadores), as investigações de Romanes tinham sido feitas sob a sombra de Darwin. Como um discípulo fiel, Romanes tentou desenvolver e difundir as idéias de Darwin, aplicá-las a novos casos, obter novas evidências favoráveis à teoria e fornecer respostas a problemas e objeções

[6] *Animal intelligence* é considerado como o primeiro livro a abordar a psicologia comparada. A própria expressão “psicologia comparada” foi proposta por Romanes.

[7] Ver o Capítulo 8 do *Origin of species*.

existentes contra a teoria darwiniana. Nos últimos anos da vida de Darwin, Romanes substituiu Huxley[8] no papel de principal defensor do darwinismo: estava sempre disposto a erguer-se e lutar por seu mestre.[9] Em seus escritos, ele sempre mostrou um grande respeito e uma aceitação irrestrita da teoria de Darwin.

Até 1882, Romanes tinha feito apenas algumas tímidas tentativas de mudança da própria teoria. Em 1874, ele havia proposto uma nova explicação para a redução do tamanho de órgãos pouco usados, sem utilizar a suposição (aceita por Darwin) de herança de caracteres adquiridos (ROMANES, 1874).[10] A idéia básica era que os diversos órgãos só mantêm o grau máximo de perfeição que atingiram por efeito da seleção. Quando o órgão se torna inútil e a seleção não elimina mais os indivíduos em que aquele órgão é imperfeito, o resultado seria uma gradual tendência a que o órgão diminuísse ou se tornasse imperfeito.

Apesar de estimular Romanes, Darwin não aceitou essas idéias (SCHWARTZ 1995, p. 286-287) e este deve ter ficado decepcionado. A correspondência posterior de Romanes confirma que Darwin nunca abandonou a hipótese de herança de caracteres hereditários para explicar a redução de órgãos pouco usados, e até mesmo procurou dissuadir Romanes de procurar uma alternativa:

> [...] Quando meu artigo foi publicado,[11] e Darwin aceitou a idéia com entusiasmo, sugeri-lhe em uma conversa se esta idéia não poderia superar completamente os princípios lamarkistas. (Lendo cuidadosamente nas entrelinhas do próprio artigo, você verá quanto esta questão estava ocupando minha mente nessa época, embora eu não ousasse desafiar os princípios de Lamarck *in toto* sem uma investigação muito mais completa.) Foi então que Darwin me dissuadiu de prosseguir nessa direção, baseando-se na existência de evidências abundantes dos princípios de Lamarck além do uso e desuso das estruturas – por exemplo, [na formação dos] instintos – e também com base em sua teoria da Pangênese. Portanto, eu abandonei o tema e ainda mantenho o que poderia ser considerado um preconceito contra

---

[8] A atividade de Huxley como feroz defensor de Darwin, logo após a publicação do *Origin of species*, originou seu apelido de "bulldog de Darwin".

[9] Romanes algumas vezes chamava Darwin de "o Mestre" (ETHEL ROMANES, 1896, p. 138).

[10] A proposta de Romanes era muito semelhante às idéias que Weismann defendeu posteriormente, sob o nome de "panmixia" (ROMANES, 1893). Sobre as idéias de Weismann, ver MARTINS, 2000.

[11] Romanes estava se referindo aqui a um outro artigo seu: Romanes, 1874.

a mesma linha de pensamento de que Darwin me afastou em 1873.[12] (Carta de Romanes a Poulton, 11/nov./89, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 229)

Além de ser incapaz de aceitar a proposta de Romanes, alguns anos depois Darwin mostrou-se favorável a uma explicação diferente para o mesmo fenômeno. Em 1881, Wilhelm Roux publicou *Der Kampf der Theile*, em que propôs que haveria uma competição entre as partes internas de cada organismo. O autor utilizou essa hipótese para explicar a redução em tamanho dos órgãos sem uso (como os olhos de animais das cavernas). Darwin recebeu uma cópia do livro de Roux, gostou muito da hipótese e pediu a Romanes que escrevesse uma resenha da obra para a revista *Nature* (carta de Darwin a Romanes, 16/abr./81, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 115).

É claro que Romanes não se entusiasmou muito com a proposta, pois as idéias de Roux estavam em conflito com sua própria interpretação. Por isso, não escreveu a resenha. Alguns meses depois, Darwin insistiu: "Recebi ontem a notícia em anexo e a envio a você porque pensei que se você noticiar o livro do Dr. Roux na 'Nature' ou algum outro lugar, esta resenha poderia talvez ser-lhe útil" (carta de Darwin a Romanes, 7/ago./81, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 125). Romanes deu uma resposta negativa: "Muito obrigado pela notícia sobre o livro de Roux. Ainda não o li, mas Preyer, de Jena (que foi nosso hóspede durante o congresso, e que conhece o autor) não pensa que seja grande coisa" (carta de Romanes a Darwin, 8/ago./81, in: ETHEL ROMANES, 1896, p. 125-126). Darwin continuou a insistir e, por fim, Romanes escreveu a resenha.

Um segundo conflito sem grande importância entre Romanes e Darwin surgiu quando o primeiro propôs pela primeira vez suas idéias a respeito da seleção fisiológica.[13] O assunto abordado por Romanes era a origem de espécies que divergiam a partir de uma única espécie original, sem isolamento geográfico – ou seja, o fenômeno que depois foi denominado "especiação".[14] Como outros naturalistas da época, Romanes pensava que o intercruzamento livre de variedades nascentes impediria o surgimento de dois (ou mais) ramos diferentes a partir de uma única espécie ancestral comum. Se em uma mesma região

[12] A conversa deve ter ocorrido em 1874, pois se referia a um artigo desse ano.

[13] Romanes enviou seu primeiro rascunho sobre esse assunto para Darwin no dia 6 de junho de 1877 (ETHEL ROMANES, 1896, p. 54).

[14] Moritz Wagner havia alegado em 1868 que seria impossível a produção ramificada de espécies diferentes, a partir de uma única inicial, sem isolamento geográfico (MAYR, 1982, p. 563). Darwin não aceitou a proposta de Wagner, mas tinha dificuldades em explicar esse aspecto da teoria da evolução (VORZIMMER, 1963).

(sem barreiras geográficas) começassem a surgir variedades um pouco diferentes entre si, a partir de uma origem comum, elas se cruzariam umas com as outras e o resultado seria a manutenção de uma única população, com uma mistura das características dessas variedades, e não o surgimento de duas espécies diferentes. Por isso, Romanes imaginou que seria necessário existir algum tipo de mecanismo que impedisse o cruzamento entre as variedades.[15] Dessa forma, cada uma delas seguiria um caminho evolutivo diferente, levando depois de um longo tempo à existência de duas espécies distintas.

No *Origin of species,* Darwin havia tentado explicar a possibilidade de ramificações na evolução, usando apenas a seleção natural (BOWLER, 1989, p. 212-214). Ele rejeitou a necessidade de isolamento geográfico como condição necessária para a evolução divergente. Acreditando que já dispunha de uma resposta para o problema, Darwin não encorajou as especulações de Romanes (SCHWARTZ, 1995, p. 299-302). Mais uma vez, Romanes deve ter ficado desapontado, e nunca mais discutiu o assunto com Darwin.

Parece que Darwin considerava sua própria teoria como essencialmente correta e sentia qualquer proposta de novas idéias como um desafio a seus próprios conceitos. É claro que o propósito de Romanes não era criticar Darwin: ele estava tentando resolver um problema e aperfeiçoar a teoria. Diante da reação negativa de Darwin, no entanto, ele percebeu que estava pisando em terreno perigoso e preferiu recuar.

SAINDO DA SOMBRA DE DARWIN

Quando Romanes recebeu a notícia do falecimento de Darwin, escreveu a Francis Darwin:

> Metade do interesse de minha vida parece ter desaparecido, quando não posso mais esperar ouvir sua querida voz de boas-vindas, nem receber as cartas que eram minha maior alegria. Agora não existe mais ninguém para venerar, ninguém para quem trabalhar, ou sobre quem pensar enquanto se trabalha. (Carta de Romanes para Francis Darwin, 22/abr./82, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 135-136)

Podemos considerar que Romanes estava sendo sincero. A partir de então Romanes sempre se referiu à morte de Darwin como uma data crucial e

[15] Essa teoria será explicada mais adiante, neste artigo.

geralmente contava os anos a partir desse evento, como por exemplo: "[...] quatro anos após a morte de Darwin [...]" (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 313).

Até 1882, Romanes via em Darwin a orientação mais forte de sua vida. Até essa época, sua maior ambição era ajudar Darwin. Agora, após o falecimento do mestre, ele precisava escolher seu próprio caminho. Romanes era um cientista conhecido, com 34 anos de idade, sem ninguém para guiá-lo. O perfil de seu trabalho logo sofreu uma profunda mudança.

De 1882 até seu próprio falecimento (em 1894), as principais contribuições de Romanes à teoria da evolução foram:

1. Ele completou seus estudos anteriores sobre inteligência comprada em animais e homens.
2. Propôs a teoria da seleção fisiológica (1886) e tentou encontrar apoio observacional e experimental para a mesma.
3. Ministrou cursos e publicou livros apresentando uma versão popular do darwinismo.
4. Criticou e entrou em conflito com vários evolucionistas (especialmente Herbert Spencer, August Weismann e Alfred Wallace), tentando encontrar argumentos experimentais contra o neodarwinismo desses dois últimos pesquisadores.

O trabalho de Romanes sobre evolução mental foi considerado uma contribuição importante para a teoria da evolução e lhe deu certa proeminência.[16] Se sua ambição fosse modesta, ele poderia se contentar com essas pesquisas, que tinham preenchido um *desideratum* no programa de Darwin. Mas, como veremos, ele tinha uma ambição maior do que esta.

Todos consideravam Romanes como um fiel discípulo de Darwin. Ele permaneceu fiel à memória do mestre e foi ocasionalmente convocado por Francis Darwin para defender o darwinismo:

> Um desses santos[17] tem se comportado de forma ultrajante na imprensa, e todos estão cheios de júbilo ou indignação com o que ele tem escrito a respeito de Darwin e do darwinismo. F. [Francis] Darwin pediu-me que fizesse a resposta e hoje estou devolvendo a prova de um artigo para a "Contemporary Review". (Carta de Romanes para sua irmã Charlotte, 18/maio/88, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 194)

[16] Muitos historiadores da psicologia mencionam o trabalho de Romanes, mas sempre enfatizam que seu trabalho logo foi superado. Na época, entretanto, seus estudos sobre psicologia comparada foram muito bem recebidos.

[17] Romanes estava escrevendo de forma irônica.

Parece, no entanto, que Romanes não queria ser conhecido apenas como o discípulo e defensor de Darwin: ele desejava um *status* mais elevado no mundo científico.

É difícil, evidentemente, captar o que estava ocorrendo na mente de Romanes. A interpretação apresentada neste artigo oferecerá uma *reconstrução* de seus objetivos e de sua estratégia profissional que parece plausível. Assumindo que Romanes tinha em vista alguns objetivos (compatíveis com a evidência disponível), é possível compreender os passos principais que ele deu depois da morte de Darwin, interpretando-os como um caminho para atingir esses objetivos. No entanto, tal reconstrução não é uma afirmação de que Romanes *planejou conscientemente* esses estágios como meios para atingir tais fins.

SELEÇÃO FISIOLÓGICA

Na biografia de Romanes escrita por sua esposa há pouca informação sobre seu trabalho científico no período dentre 1882 e 1886. Provavelmente ele dedicou a maior parte desse tempo à preparação de seus livros sobre evolução mental. O primeiro livro da série, *Animal intelligence*, já tinha aparecido em 1881, antes do falecimento de Darwin. Em 1883, Romanes publicou *Mental evolution in animals*, e depois, provavelmente, ocupou-se com a preparação de *Jelly-fish, star-fish, and sea urchins* (publicado em 1885) e *Mental evolution in man* (1888).

Entre os dois últimos livros, no entanto, ele desviou sua atenção para algo completamente diferente de todas suas contribuições anteriores. Foi em maio de 1886 que Romanes publicou o artigo apresentando aquilo que ele próprio considerou como sua contribuição mais importante ao pensamento evolutivo: a *teoria da seleção fisiológica*. É significativo que ele escolheu a *Linnean Society* – o mesmo local onde Darwin e Wallace haviam apresentado seus primeiros trabalhos sobre seleção natural.

Alguns dias antes da apresentação pública do trabalho na *Linnean Society*, Romanes enviou cartas a vários cientistas, anunciando o tema de seu artigo e convidando-os a comparecer. Eis, por exemplo, a carta que enviou a Raphael Meldola:[18]

---

18 Carta de Romanes ao professor Raphael Meldola (conservada no arquivo Meldola, Newham Museum Service, London), citada por Donald Forsdyke (http://post.queensu.ca/~forsdyke/romanes1.htm). Alguns anos antes, havia ocorrido uma controvérsia entre Romanes e Meldola (ETHEL ROMANES, 1896, p. 93). Este último era um defensor de Weismann, e havia traduzido um de seus livros: WEISMANN, August. *Studies in the theory of descent*. Translated by Raphael Meldola. 2 v. Londres: Simpson Low, Marston, Searle and Rivington, 1882.

> 5 de maio de ’86
> Meu caro Senhor,
> Espero que lhe seja conveniente assistir à próxima reunião da Linnean Society, que ocorrerá amanhã às 8 horas. Irei ler um artigo sobre uma nova teoria a respeito da origem das espécies, e gostaria de saber o que você pensa sobre ela.
> Essa teoria me parece de importância considerável, mas por esse motivo eu quero expô-la à melhor crítica.
> G. J. Romanes

Note-se que Romanes não anunciou seu trabalho como “uma contribuição à teoria de Darwin sobre a origem das espécies”, ou “um complemento à teoria da seleção natural”, mas como *uma nova teoria sobre a origem das espécies*. Ninguém – exceto seus amigos mais próximos – poderia saber o que ele iria apresentar, mas o anúncio soava como algo revolucionário. Portanto, na noite do dia 6 de maio de 1886 os cientistas reunidos na *Linnean Society* estavam ansiosos por ouvir as idéias de Romanes. Sua estratégia de enviar avisos a cientistas proeminentes foi bem-sucedida, e a rua estava cheia: “Havia um público maior do que eu jamais vi antes” (Romanes à sua irmã Charlotte, maio 1886, in: ETHEL ROMANES, 1896, p. 175).

Havia outro trabalho previsto para ser apresentado naquela sessão. No entanto, logo que o conteúdo da contribuição de Romanes foi divulgado, o Presidente da *Linnean Society*, John Lubbock, retirou o trabalho que ele próprio iria apresentar naquela noite, de modo a deixar mais tempo para a apresentação e discussão do trabalho de Romanes (ETHEL ROMANES, 1896, p. 175). As idéias de Romanes não foram bem recebidas e produziram críticas e um longo debate: “Falei durante uma hora e meia, e a discussão durou uma outra hora” (carta de Romanes para sua irmã Charlotte, maio/1886, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 175).

Lendo o trabalho de Romanes é fácil perceber por que motivo ele provocou uma grande onda de reações negativas. O primeiro parágrafo da comunicação dizia:[19]

> Não há ninguém que me exceda em minha veneração pelo falecido Sr. Darwin, ou em minha apreciação por seu trabalho. Mas por esta mesma

[19] A versão publicada do artigo de Romanes, que serviu de base para a análise aqui apresentada, poderia ser diferente de comunicação oral apresentada à *Linnean Society*. No entanto, parece mais provável que ele não tenha feito uma revisão do artigo original. Depois da apresentação e discussão, ele apenas adicionou um “Postscript” e enviou-o para publicação.

> razão eu sinto que agora, arriscando-me a adotar em certa medida uma atitude de crítica com relação àquele trabalho, são necessárias algumas palavras para mostrar que eu não o fiz de modo apressado, ou sem a devida premeditação. (ROMANES, 1886, p. 337)

O que um naturalista da época esperaria, depois desse preâmbulo? Romanes estava claramente pedindo ao público (ou aos leitores) que o desculpassem, porque iria criticar o trabalho de Darwin. Ele foi suficientemente infeliz na escolha de suas palavras, empregando o termo "premeditação" [*premeditation*], que é freqüentemente aplicado a crimes.[20] Isso sugeria que o discípulo estava disposto a desonrar a memória de Darwin. Depois de ouvir (ou ler) o primeiro parágrafo, todos os darwinistas sentiriam imediatamente um forte preconceito contra qualquer coisa que Romanes pudesse propor.

A segunda metade do parágrafo seguinte não ajudaria a atenuar essa primeira impressão negativa:

> Já se passaram quinze anos desde que me tornei um estudante atento do darwinismo, e durante a maior parte desse tempo eu tive o privilégio de discutir toda a filosofia da Evolução com o próprio Sr. Darwin. Como resultado, vi que era impossível ter dúvidas sobre a Evolução como um fato, ou sobre a Seleção Natural como método. Mas durante todos esses anos pareceu-me que havia alguns pontos fracos nas defesas geralmente inatacáveis com que o Sr. Darwin havia fortificado sua cidadela, ou nas evidências com as quais ele havia cercado sua teoria da seleção natural. E quanto mais eu pensava sobre esses pontos, maior me parecia a dificuldade que eles apresentavam; até que, por fim, convenci-me de que deveria haver alguma causa, ou algumas causas, que tivessem operado para produzir as espécies, diferente da seleção natural, e no entanto de um tipo igualmente geral. (ROMANES, 1886, p. 337)

Como essa citação poderia ser compreendida? O início do artigo de Romanes pode ter trazido uma onda de pensamentos como estes: "Bem, senhor Romanes, então o senhor sempre duvidou da teoria da seleção natural, mesmo quando era um colaborador direto de Darwin. E enquanto ele sempre estava disposto a ajudá-lo em sua carreira, o senhor estava colecionando dificuldades. E, agora, o senhor se convenceu de que a seleção natural não é uma explicação

---

[20] "**Pre-med-i-ta-tion** *n.* **1**. The act of speculating, arranging, or plotting in advance. **2**. *Law*. The contemplation and plotting of a crime in advance, showin intent to commit the crime" (MORRIS, 1975, p. 1034).

suficiente para a produção de novas espécies? E então, o senhor é muito mais esperto do que Darwin, já que encontrou agora a solução para os problemas que ele foi incapaz de responder?”

Após o início catastrófico, o restante do artigo era muito mais suave. No entanto, Romanes não foi muito cuidadoso na sua escolha de palavras. Há várias afirmações em seu trabalho que poderiam ser interpretadas como uma ruptura completa em relação ao darwinismo. Por exemplo: ele afirmou que estava “resvalando para esta posição de ceticismo em relação à seleção natural como sendo uma explicação completa sobre a origem das espécies” (ROMANES, 1886, p. 337). Outras frases sugeriam que a teoria de Darwin estava sendo superada ou rejeitada e que ele estava agora criticando a teoria da seleção natural: “Ao adotar, agora, uma atitude de crítica em relação a algumas partes do trabalho do Sr. Darwin, não consigo sentir que esteja me tornando um traidor da causa do darwninismo” (ROMANES, 1886, p. 338). Em alguns pontos, Romanes utilizou um tom moderado, tentando convencer sua audiência de que não estava se opondo à teoria de Darwin, mas sim oferecendo uma explicação que complementava aquela teoria (ROMANES, 1886, p. 338).

Conscientemente ou não, Romanes utilizou uma linguagem agressiva, afirmando várias vezes que Darwin havia *falhado* em explicar a esterilidade mútua das espécies naturais (ROMANES, 1886, p. 338 e 342).

A própria contribuição de Romanes parecia uma afronta. Depois de um longo preâmbulo, Romanes afirmou que a teoria da seleção natural somente podia explicar mudanças úteis – ou seja, a seleção natural era uma teoria que explicava a origem de *adaptações*. No entanto, algumas vezes as espécies diferem uma da outra por características que não parecem úteis. Por outro lado, a principal distinção entre espécies bem definidas é a infertilidade da descendência dos indivíduos pertencentes a espécies diferentes. Darwin havia admitido que essa infertilidade dos cruzamentos não poderia ser explicada pela seleção natural. A terceira dificuldade era a evolução divergente, que era muito difícil de compreender quando não havia isolamento geográfico. Por todas essas razões, Romanes declarou que a teoria de Darwin não podia ser considerada uma teoria sobre a origem das espécies, e que o principal livro de Darwin tinha um nome inadequado:[21]

> Tendo em vista as considerações anteriores, parece-me óbvio que a **teoria da seleção natural recebeu um nome inadequado; ela não é, de forma**

[21] Ver também ROMANES, 1886, p. 346-347 e 397-398.

estrita, uma teoria da origem das espécies: ela é uma teoria sobre a origem – ou melhor, sobre o desenvolvimento cumulativo – de *adaptações*, sejam elas morfológicas, fisiológicas ou psicológicas, quer elas ocorram apenas em espécies, ou em gêneros, famílias, ordens e classes. (ROMANES, 1886, p. 345; grifo nosso)

Deixando agora os aspectos retóricos de lado, pode-se dizer que Romanes realmente apresentou excelentes argumentos a favor de sua idéia de que a seleção natural *sozinha* era incapaz de explicar diversos aspectos da origem das espécies. O próprio Darwin havia admitido que, além da seleção natural, havia outras causas adicionais da evolução orgânica, tais como uso e desuso, seleção sexual, variabilidade correlacionada, exposição prolongada a condições de vida semelhantes, e prevenção de cruzamentos por barreiras geográficas (ou por migração). No entanto, Romanes alegava, além disso, que nenhuma dessas causas era suficiente para explicar os três problemas descritos acima (características não-úteis que distinguem algumas espécies; infertilidade entre espécies; evolução divergente).

Como, então, explicar esses fenômenos? De acordo com Romanes, somente podem ser originar espécies diferentes a partir de uma espécie ancestral comum se as espécies nascentes (ou variedades) forem isoladas uma da outra, de tal modo a evitar cruzamentos que eliminariam suas diferenças. As barreiras geográficas podem, em alguns casos, produzir esse efeito. No entanto, nem sempre as espécies próximas estão separadas por barreiras geográficas. Romanes sugeriu, por isso, que o passo inicial na origem de novas espécies poderia ser uma variação que produzisse uma infertilidade mútua total ou parcial, impedindo assim que essa variedade se cruzasse com a forma parental. Isso explicaria o fenômeno de ramificação das espécies.

Fazendo essa hipótese, um dos problemas da teoria de Darwin fica resolvido automaticamente: a infertilidade mútua é o ponto de partida no surgimento de novas espécies e não o resultado de qualquer outro processo. Por outro lado, quando a variedade torna-se incapaz de cruzar-se com a espécie parental, podem surgir características diferentes, que não apresentam nenhuma vantagem adaptativa, mas que não desaparecem justamente porque os indivíduos dessa variedade só podem se reproduzir cruzando-se uns com os outros. Portanto, essa hipótese permitia resolver os três problemas apontados.

Note-se que o objetivo principal da teoria de Romanes não era negar que a seleção natural fosse a principal causa da evolução, mas propor um novo fator independente da seleção, que não era oposto a ela, mas que poderia explicar fatos que apresentavam dificuldades para a teoria de Darwin.

Se apresentarmos as idéias de Romanes desse modo, sua proposta parece aceitável, não entrando em conflito com o darwinismo. No entanto, quando examinamos seu modo de expor a teoria, encontramos a alegação de que ele havia resolvido o maior de todos os mistérios, a origem das espécies:

> Seja o que for que se pense sobre a verdade desta teoria, ou sobre a extensão de sua aplicabilidade, ela é certamente algo que vai muito além de uma mera descrição dos fatos. Se a evidência que apresentei sobre esses pontos for aceita (e deve sê-lo, tendo em vista a crítica com a qual estou lidando), o valor explicativo da teoria pode ser estimado pela consideração de que aquilo que o Sr. Darwin chamou de "mistério dos mistérios" cessa de ser misterioso em qualquer sentido ou grau, a não ser pelo fato geral de que a prole nem sempre se parece aos pais em todos os aspectos. (ROMANES, 1886, p. 411)

Na época em que apresentou sua proposta, Romanes não dispunha de evidências fortes a favor de sua teoria. No entanto, ele alegou que algumas observações e experimentos a serem realizados no futuro poderiam levar a uma decisão definida sobre sua teoria (ROMANES, 1886, p. 403). De acordo com a teoria da seleção fisiológica, espécies muito próximas entre si só poderiam ter-se originado por isolamento geográfico ou por isolamento reprodutivo, no sentido exposto acima. Por isso, Romanes previu que espécies semelhantes que habitam uma região na qual possuem contato direto (sem barreira geográfica) devem ser pelo menos parcialmente estéreis entre si. Pelo contrário, espécies semelhantes que existem em regiões separadas por barreiras geográficas (como ilhas ou montanhas) não precisam ser mutuamente estéreis – basta o isolamento geográfico para possibilitar a divergência. Essa previsão poderia ser testada, pela coleta de informações e realização de experimentos sobre a fertilidade de espécies próximas, nos dois casos (com ou sem isolamento geográfico).

Romanes pensou que seriam necessários muitos anos para coletar os fatos relevantes e realizar os experimentos de cruzamento exigidos para testar sua teoria. No final do seu artigo, ele pediu ajuda de outros naturalistas para essa tarefa (ROMANES, 1886, p. 403).

REAÇÕES CONTRA ROMANES

Que tipo de reação Romanes esperava, quando apresentou seu trabalho na *Linnean Society*? Não dispomos de evidência documental que mostre que ele esperava uma aceitação geral. No entanto, a falta de cuidado da linguagem utilizada em seu artigo sugere fortemente que ele estava contando com uma

recepção positiva. Além disso, a correspondência de Romanes mostra que ele não previu a reação negativa que se seguiu após sua palestra.

Podemos tentar reconstruir as expectativas de Romanes. Se conseguisse convencer seus colegas científicos de que a teoria de Darwin era incapaz de explicar a origem das espécies e que ele, Romanes, tinha uma bela teoria para explicar essa origem e explicar diversas dificuldades gerais da teoria de Darwin, ele poderia chegar a ser considerado como o mais competente evolucionista da época. Talvez essa fosse sua ambição.

No entanto, a tática de Romanes não teve sucesso. Além de ser criticado durante a discussão da *Linnean Society*, logo recebeu cartas criticando sua postura. A opinião geral foi negativa.

Wallace publicou uma crítica do artigo de Romanes na revista *Fortnightly Review* (WALLACE, 1886), com o título "Romanes *versus* Darwin". A teoria foi também criticada durante a reunião da *British Association for the Advancement of Science*, em agosto de 1886, à qual Romanes não compareceu:

> A seleção fisiológica parece ter trazido um ninho de vespas considerável sobre minha cabeça. Se eu soubesse que iria haver tanta conversa sobre ela na British Association, eu teria ido lá para defender a recém-nascida. (Carta de Romanes para Meldola, 16/set./86, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 176)

Nos anos seguintes, Romanes teve que se explicar e justificar muitas vezes, pois sua proposta foi considerada por diversos cientistas como um ataque contra a teoria de Darwin. Em uma carta que escreveu a seu oponente Thielson Dyer,[22] por exemplo, Romanes tentou esclarecer sua posição:

> Considerando minha experiência posterior, não tenho dúvidas de que eu deveria ter me exprimido com mais cuidado quando escrevi meu artigo. Mas, para dizer honestamente a verdade, nunca me ocorreu que eu, entre todas as pessoas, pudesse ser suspeito de tentar solapar as teorias de Darwin. Eu estava completamente preenchido pela idéia de apresentar o que me parecia ser uma "hipótese suplementar" que, embora "não sendo oposta à seleção natural de modo nenhum", iria "libertá-la das únicas dificuldades" que, em minha opinião, ela jamais apresentou. (Carta de Romanes para Dyer, 7/jan./89, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 218-219)

---

[22] William Thiselton-Dyer (1843-1928) foi diretor (de 1885 a 1905) dos *Royal Botanic Gardens*, em Kew.

A reação contra o trabalho de Romanes foi muito mais forte na Inglaterra que em outros países – provavelmente porque no exterior os fatores emocionais eram muito mais suaves.

Qual foi a reação de Francis Darwin? Não o sabemos. É provável que Romanes tivesse conversado com ele antes da palestra da *Linnean Society* e que Francis fosse simpático à teoria. A correspondência de Romanes contém evidências de que ele procurou ansiosamente obter apoio seu apoio (carta de Romanes para Francis Darwin, 5/nov./86 e 7/jan./87 *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 178-184).

Nesse período posterior à palestra, Romanes procurou enfatizar que sua proposta apenas complementava a teoria darwiniana. Não era exatamente assim. Na verdade, no *Origin of species* Darwin havia tentado dar uma explicação para o surgimento ramificado de espécies, sem isolamento geográfico (DARWIN, 1872, Capítulo 4). A explicação proporcionada por Romanes era completamente diferente – era uma alternativa e não um suplemento ao trabalho de Darwin, nesse ponto específico. Em algumas de suas cartas Romanes reconheceu isso (ETHEL ROMANES, 1896, p. 180 e 221-222).

O APOIO DE GULICK

Segundo Lesch, as discussões sobre a teoria de seleção fisiológica podem ser dividas em duas fases (LESCH, 1975). Uma foi de sua publicação até 1888, período em que a teoria enfrentou muitos obstáculos e nenhum sucesso. A segunda fase iniciou-se em setembro de 1888. Nessa data, Romanes recebeu um trabalho denominado *Divergent evolution through cumulative segregation*, escrito pelo Reverendo norte-americano John Thomas Gulick (1832-1923). Esse estudo apoiava as idéias de Romanes e as ampliava, introduzindo outras formas de isolamento reprodutivo na formação divergente de espécies. O próprio Romanes apresentou o artigo de Gulick à *Linnean Society*, e o trabalho logo foi publicado.

A pesquisa de Gulick baseou-se na observação da distribuição geográfica de uma família de moluscos terrestres, os *Achatinellidae*, em uma pequena ilha do Havaí. A enorme quantidade de variedades e espécies diferentes em uma região tão pequena levou-o a pensar sobre o processo de evolução divergente (aquilo que depois foi denominado “especiação”).

Para Gulick, a evolução divergente só pode ocorrer com algum tipo de isolamento entre as variedades. Um dos mecanismos possíveis era a seleção fisiológica de Romanes, mas podiam existir outras formas de isolamento.

Romanes escreveu para Gulick, muito entusiasmado, em janeiro de 1889, dizendo que estava impressionado com “seu amplo e profundo pensamento”. Para Romanes esse trabalho era não apenas o melhor ensaio sobre isolamento reprodutivo, mas também “o mais importante de todos os trabalhos sobre filosofia da evolução” (LESCH, 1975).

No terceiro volume de sua obra *Darwin, and after Darwin*, Romanes apresentou o trabalho de Gulick, expondo a teoria da seleção fisiológica como um caso particular do isolamento reprodutivo.

O artigo de Gulick teve uma recepção melhor do que o de Romanes. Em meados da década de 1890, a idéia de isolamento reprodutivo na evolução divergente começou a receber alguma aceitação. Somente na década de 1930, no entanto, esse princípio tornou-se parte integrante de uma nova visão evolutiva – a teoria sintética da evolução.

OS TESTES DA TEORIA DA SELEÇÃO FISIOLÓGICA

Como vimos, a teoria da seleção fisiológica previa que espécies próximas, em contato imediato (sem barreira geográfica) deveriam ser pelo menos parcialmente estéreis entre si, enquanto que espécies próximas separadas por barreiras geográficas poderiam não mostrar nenhum grau de esterilidade mútua. Romanes pensava que uma confirmação dessas predições poderia ajudar a obter novos adeptos para sua teoria. No entanto, ele não conseguia encontrar informações suficientes sobre o assunto. Assim, ele escreveu a vários naturalistas, pedindo sua ajuda para testar a teoria.

Um experimento importante seria tentar produzir híbridos cruzando espécies semelhantes de plantas nativas do topo de diferentes montanhas. De acordo com Romanes, geralmente esses cruzamentos seriam férteis. Esse lhe parecia um teste muito importante, e por isso ele ajudou (financeiramente) a estabelecer um jardim experimental nos Alpes, para testar suas previsões. Algumas plantas adequadas para os testes, coletadas de diferentes montanhas, eram enviadas para Romanes, na Inglaterra, e este fazia os experimentos de cruzamento. Para comparação, ele fazia também experimentos de cruzamentos entre espécies próximas existentes na Inglaterra, em regiões sem isolamento geográfico. Durante vários anos ele se dedicou a esse tipo de pesquisa:

> O mais cego é aquele que não quer ver. Onde podem ter estado os seus poderes de “observação”, quando você ainda pode comentar que eu ignoro os fatos da hibridização? Eu posso apenas repetir que desde o início eu os considerei como uma evidência da mais alta importância para estabelecer

> uma correlação bastante geral entre origem *separada* de espécies semelhantes e *ausência* de esterilidade mútua. De fato, nos últimos cinco anos eu mantive experimentos em desenvolvimento no meu jardim nos Alpes, que ajudei a sustentar com o propósito exato de pesquisar esse assunto. E Focke, com quem estou em correspondência desde o início e que *entende* a teoria, escreve que em sua opinião isso "resolverá todo o mistério" da [diferença entre] a hibridação natural em relação à artificial. (Carta de Romanes para Dyer, 15/set./93, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 340-341)

Um ano antes de sua morte, Romanes considerava que já dispunha que um volume suficiente de fatos para confirmar sua teoria, mostrando que o isolamento geográfico de espécies semelhantes era acompanhado por fertilidade mútua, enquanto a coexistência geográfica de espécies semelhantes era acompanhada por esterilidade mútua (carta de Romanes para Dyer, 15/jun./93, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 332).

Essa busca de evidências favoráveis à teoria da seleção fisiológica foi o mais importante trabalho científico realizado por Romanes na fase final de sua vida. Ele esperava que seria possível obter uma base empírica tão convincente que levasse à aceitação geral da seleção fisiológica. No entanto, essa aceitação não ocorreu. A esposa de Romanes comentou: "Esta teoria era muito cara ao seu coração, e talvez ele tenha lamentado mais profundamente deixar essa parte de sua obra incompleta, do que qualquer outra" (ETHEL ROMANES, 1896, p. 185). Podemos ver sua atitude através de duas cartas escritas quando estava muito doente, diante da morte próxima:

> Desde que lhe enviei minha última carta estive no umbral da morte. No dia 11 de julho fui atingido por paralisia do lado esquerdo, e agora sou uma ruína. Um de meus pesares – e não o menor deles – é que eu temo que precise deixar a verificação da sel. fis. [seleção fisiológica] para outras mãos em uma medida maior do que a que eu esperava. Eu tenho poucas dúvidas de que ela acabará por prevalecer; mas será necessário um tempo mais longo antes que isso ocorra. (Carta de Romanes para Dyer, 15/set./93, in: ETHEL ROMANES, 1896, p. 340-341)

> [...] embora eu esteja agora recuperado até o ponto de ser capaz de rastejar um pouco, sou apenas uma ruína de meu eu anterior. Além disso, os doutores me proíbem qualquer tipo de trabalho, de modo que minha miséria é absoluta, todos os meus experimentos chegaram a um fim prematuro e é improvável que qualquer um de meus livros semi-escritos possa jamais ser publicado.

> Estou desapontado, sobretudo, por minha teoria de “Seleção Fisiológica”, para a qual acumulei uma grande massa de evidência durante os últimos sete anos, e que eu esperava pudesse satisfazer a maioria das pessoas como uma explicação do contraste entre espécies naturais e variedades artificiais, em relação à esterilidade mútua. (Carta de Romanes para Huxley, 26/set./93, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 343)

Parece que Romanes considerava essa teoria – e sua fundamentação – como o auge de seu trabalho científico. Se ele tivesse sido capaz de proporcionar uma base sólida para a seleção fisiológica e convencer a comunidade científica a aceitá-la, provavelmente ele teria considerado seu trabalho científico como completo. No entanto, além de realizar esse trabalho, Romanes se dedicou a outras tarefas. É importante analisar essas outras linhas de trabalho, para compreender sua estratégia profissional.

DARWIN, AND AFTER DARWIN

Se Romanes pretendia ser conhecido e tornar-se o sucessor de Darwin, seria importante apresentar cursos populares e escrever obras de interesse geral. Aparentemente Romanes era um conferencista de sucesso, mas como não pertencia a nenhuma universidade,[23] tinha raras oportunidades para se apresentar em público: algumas palestras a convite, e apresentações técnicas em congressos.[24] Seus trabalhos técnicos eram lidos e discutidos apenas por alguns especialistas. Fora de um pequeno círculo, ele não era bem conhecido.

Essa situação mudou, no entanto, depois da morte de Darwin. Em 1886, ele foi convidado a apresentar uma série de palestras sobre “A filosofia da história natural” na Universidade de Edinburgh. O convite foi renovado durante outros quatro anos. Romanes apresentou nessas conferências uma discussão bastante detalhada das teorias de evolução de Lamarck, de Darwin e dos naturalistas posteriores. Posteriormente ele desenvolveu palestras sobre o mesmo tema, durante três anos, na *Royal Institution* de Londres (ETHEL ROMANES, 1896, p. 186). Cada curso durava entre 30 e 40 palestras, e atraía um público entre 100 e 200 pessoas (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. v). Esses cursos, desenvolvidos entre 1888 e 1890, receberam o nome de “Before and

[23] Apenas no final de sua vida, em 1890, ele aceitou um convite para tornar-se professor da Universidade de Oxford.

[24] Em 1883, por exemplo, ele apresentou uma série de conferências na *Royal Institution* (ETHEL ROMANES, 1896, p. 155).

after Darwin". Baseando-se nesses cursos ele escreveu uma obra em três volumes, que recebeu o título *Darwin, and after Darwin: an exposition of the Darwinian theory and a discussion of post-Darwinian questions*.

O primeiro volume desta obra apareceu na primavera de 1892. De acordo com Romanes, seu objetivo era apresentar uma descrição do darwinismo que fosse acessível a leitores gerais. Nessa época, os livros sobre evolução tinham pequeno número de ilustrações – o *Origin of species* tinha apenas alguns poucos diagramas. Os livros de Ernst Häckel, na Alemanha, haviam introduzido diversos desenhos interessantes, mas Romanes foi o primeiro autor de língua inglesa a publicar uma versão amplamente ilustrada da teoria da evolução (com 125 figuras, no primeiro volume de *Darwin, and after Darwin*).

No entanto, o livro não era meramente uma popularização do pensamento de Darwin: ele pretendia apresentar a visão *correta*, o "darwinismo de Darwin" (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. vi). É fácil perceber o que Romanes tinha em mente ao utilizar essa expressão. Em 1889, Wallace havia publicado um livro chamado *Darwinism: an exposition of the theory of natural selection, with some of its applications*, que Romanes criticou imediatamente (ROMANES, 1889), por considerar que apresentava uma visão equivocada do darwinismo.

Outro objetivo da obra era apresentar as próprias idéias de Romanes. Ele defende logo no início do livro a validade de introduzir novas idéias, evitando o dogmatismo (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 8). Assim, em vez de apresentar o darwinismo de Darwin, o propósito final de Romanes era apresentar *seu próprio darwinismo*.

O início da obra deixa também clara a intenção de atingir os jovens naturalistas, que podiam ter sido levados a adotar uma versão dogmática e equivocada do pensamento darwiniano (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 11-12). É claro que a visão "correta" seria a apresentada por Romanes.

O segundo volume da obra foi dedicado à discussão das teorias surgidas após a morte de Darwin. Por que motivo Romanes considerou essa tarefa importante? De acordo com ele, havia "diversas escolas divergentes de pensamento que haviam surgido desde a morte de Darwin", que transmitiam diferentes opiniões sobre um ponto central: "se a seleção natural tinha sido a causa principal, ou única, da evolução orgânica" (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 1). É verdade que existia essa discussão, mas já existiam essas diferentes visões sobre a teoria da evolução antes da morte de Darwin. Wallace aceitava apenas a seleção natural; Spencer e Häckel enfatizavam fortemente a herança de caracteres adquiridos pelo uso-desuso. O que havia de realmente novo depois da morte de Darwin? Havia surgido uma nova situação, sob o ponto de vista sociológico: os evolucionistas declararam guerra uns aos outros, cada qual

tentando tomar posse do manto do Mestre. Os darwinistas estavam lutando entre si e não contra os anti-evolucionistas ou contra os que haviam claramente criticado Darwin e sugerido que a seleção natural não tinha nenhum papel significativo.

Os anti-evolucionistas simplesmente não são discutidos no segundo volume de *Darwin, and after Darwin*, como se não existissem. Romanes também não discute outras teorias evolucionistas da época, como a de saltos descontínuos ou a hipótese de que existe uma tendência interna para a perfeição. Ele se refere aos neolamarkistas, mas eles não parecem perturbá-lo e, por isso, ele não os critica. Realmente, seu grande interesse é discutir o trabalho dos outros darwinistas.

Essa atitude é compreensível se considerarmos que Romanes não estava simplesmente tentando escrever um tratado sobre evolução, mas estava tentando obter reconhecimento como sucessor de Darwin. O neodarwinismo,[25] que era a abordagem associada ao nome de Weismann, estava se tornando a tendência darwinista mais forte, desde a morte do mestre. Era natural que Romanes se preocupasse em criticar essa visão, não se preocupando com os neolamarkistas ou com os antievolucionistas. De fato, Romanes estava lutando para obter reconhecimento científico, e a luta por reconhecimento, como a luta pela vida, é mais intensa entre indivíduos e variedades da mesma espécie.[26]

Pode-se pensar que a explicação seria outra: Romanes não aceitava o neodarwinismo e por isso o atacava. Mas em *Darwin, and after Darwin*, Romanes atacou também outros autores bem conhecidos que tinham idéias muito semelhantes às suas próprias. Um dos seus alvos foi Herbert Spencer.

Spencer havia defendido idéias evolucionárias desde 1851, quando publicou um ensaio em que defendia o trabalho de Lamarck (BOWLER, 1990, p. 169). Depois da publicação do *Origin of species*, em 1859, passou a aceitar a seleção natural, sem deixar de acreditar que o uso-desuso e a herança de caracteres adquiridos eram as principais causas da mudança orgânica (BOWLER, 1989, p. 238-241). Quando Weismann começou a defender um tipo de darwinismo que se baseava exclusivamente na seleção natural e negava a herança de caracteres adquiridos, Spencer escreveu contra Weismann (BOWLER, 1990, p. 171).

---

[25] A expressão "neodarwnismo" foi proposta por Romanes.

[26] "Mas a luta será quase invariavelmente mais severa entre indivíduos da mesma espécie, pois eles freqüentam os mesmos lugares, precisam do mesmo alimento e estão expostos aos mesmos perigos" (DARWIN, 1872, p. 58).

Spencer era um autor muito conhecido e influente. Ele, Huxley e Wallace eram os principais candidatos britânicos à liderança no campo evolutivo. Para minar o *status* de Spencer, Romanes o colocou no mesmo grupo de Erasmus Darwin e Lamarck, como defensores da teoria pré-darwiniana de herança de caracteres adquiridos (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 253). Criticou então todos esses autores em conjunto, afirmando que os fatores defendidos por Lamarck eram insuficientes para explicar a evolução (*ibid.*, v. 1, p. 256).

Note-se que Romanes não rejeitava os "fatores lamarckianos". Ele sempre os aceitou (até sua morte) e muitas vezes chamara a atenção para o fato de que Darwin também os aceitava. Por que, então, enfatizou de forma negativa que Spencer era um defensor dessas idéias? Essa atitude só pode ser compreendida como um truque retórico estratégico, destinado a reduzir a respeitabilidade de um competidor.

Para atacar Wallace, Romanes utilizou outra estratégia: enfatizou que o próprio Darwin não era dogmático e que aceitava a existência de outros fatores, além da seleção natural.

Romanes apontou diversas falhas de interpretação da teoria de Darwin apresentadas pelos *críticos* da seleção natural (ver, por exemplo, ROMANES, 1896-1897, v. 1, Capítulo 9). No entanto, ele tratou de modo muito mais detalhado as interpretações que considerava errôneas propostas pelos *defensores* do darwinismo. Por que ele fez isso? Provavelmente porque queria estabelecer-se como o único darwiniano que era fiel a Darwin.

Dentre as várias falhas apontadas por Romanes (1896-1897, v. 1, p. 273-277), três são aspectos centrais da interpretação de Wallace:

1. Que, segundo a teoria, todas as mudanças adaptativas devem ser devidas à seleção natural.
2. Que todas as características hereditárias são necessariamente devidas à seleção natural.
3. Portanto [como conseqüência das afirmações anteriores], a seleção natural é a única causa possível de modificação, seja adaptativa ou não-adaptativa.

Romanes discutiu as objeções à teoria de Darwin e tentou mostrar que eram geralmente devidas a falhas de compreensão da teoria. No entanto, existiam três objeções que, em sua opinião, tinham um *status* especial – as dificuldades que ele próprio havia tentado esclarecer através da teoria da seleção fisiológica (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 374). Romanes comentou então que essas dificuldades seriam consideradas intransponíveis se a seleção natural fosse a *única* causa da evolução orgânica; mas que poderiam ser respondidas se a seleção natural fosse considerada o principal fator, mas não o único que atua na

evolução (*ibid.,* v. 1, p. 375). Enfatizou então que as três dificuldades seriam insuperáveis para Wallace, mas não para Darwin (*ibid.,* v. 1, p. 375-376).

Conforme foi indicado anteriormente, quando Romanes publicou seu trabalho sobre seleção fisiológica, em 1886, ele havia apresentado essas objeções como *dificuldades contra a teoria de Darwin*, e isso produziu as reações negativas que foram apontadas. Agora ele alegou que tal interpretação estava errada (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 376), e foi suficientemente esperto para desviar toda crítica de Darwin e concentrar suas armas contra Wallace.

Outro ponto de ataque contra Wallace foi sua negação da seleção sexual. Romanes esclareceu que a teoria da seleção sexual, proposta por Darwin, era um complemento da teoria da seleção natural, sendo necessária para explicar fatos que esta não explicava e, logo depois, apontou que Wallace havia atacado essa teoria:

> Podemos agora considerar as objeções que foram colocadas contra a teoria da seleção sexual. E isso é virtualmente a mesma coisa que dizer que podemos agora considerar a opinião do Sr. Wallace sobre esse assunto. (ROMANES, 1896-1897, v. 1, p. 391)

Estes são apenas alguns exemplos das estratégias utilizadas por Romanes contra Spencer e Wallace. Quanto a Huxley, Romanes optou por manter uma atitude de respeito. Mesmo ao responder uma crítica de Huxley a suas idéias, sua resposta manteve um tom respeitoso (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 307-310). Provavelmente ele considerou que Huxley não constituía um perigo para seus objetivos e que era melhor tê-lo entre seus aliados do que entre seus adversários.

Podemos considerar que a obra *Darwin, and after Darwin* foi de enorme valor estratégico para Romanes, pois ela proporcionou:

1. Um modo de se tornar amplamente conhecido como um defensor do darwinismo;
2. Um modo de influenciar a visão dos estudantes de biologia a respeito da teoria da evolução;
3. Um meio para apresentar sua própria interpretação do darwinismo, abrindo caminho para a aceitação de sua teoria de seleção fisiológica;
4. Um modo de criticar outros importantes evolucionistas, em uma tentativa de se tornar o mais importante darwinista.

AN EXAMINATION OF WEISMANNISM

No período anterior à morte de Darwin, August Weismann não era um evolucionista importante. No entanto, em 1883 ele rejeitou o princípio de herança de caracteres adquiridos e passou a defender a idéia de que a seleção natural era a única causa das mudanças evolutivas (MAYR, 1982, p. 538-40). Suas obras produziram um intenso debate, com ataques por parte dos neolamarckistas.

O pensamento de Weismann começou a influenciar os naturalistas britânicos. Antes do falecimento de Darwin, apenas Wallace defendia claramente que a seleção natural era suficiente para explicar a evolução orgânica. Em menor grau, Bates e Hooker também tinham uma opinião semelhante. Depois da mudança de posição de Weismann, Edward Poulton, Raphael Meldola, Ray Lankester e outros jovens cientistas aceitaram também que a seleção natural era suficiente para explicar todos os fenômenos evolutivos (MAYR, 1982, p. 535).

Romanes parece ter considerado que a crescente popularidade do weismannismo era uma ameaça à tradição darwiniana – e também às suas próprias ambições. Ele começou uma campanha contra Weismann em suas conferências de Edinburgh e, depois, nas conferências proferidas em 1890 na *Royal Institution*. Em 1889 ocorreu uma discussão pública entre Romanes e Edward Poulton – um dos principais defensores ingleses de Weismann (ETHEL ROMANES, 1896, p. 202). Em sua correspondência, Romanes tentou convencer outros naturalistas a abandonar a teoria de Weismann, argumentando que Darwin não teria concordado com essas idéias, se ainda estivesse vivo (ETHEL ROMANES, 1896, p. 230).

Romanes pretendia discutir as idéias de Weismann no segundo volume de *Darwin, and after Darwin*. No entanto, Weismann estava sempre alterando sua teoria em trabalhos sucessivos, sendo difícil, por isso, apresentar uma crítica atualizada em bem fundamentada. Em 1892, uma grande parte do segundo volume de *Darwin, and after Darwin* já estava pronta para publicação, quando Romanes teve sérios problemas de saúde. Ele decidiu então publicar um livro separado sobre a obra de Weismann, incluindo todo o material que já eestava preparado e adicionando ainda novos capítulos analisando as últimas publicações de Weismann. Assim surgiu o livro *An examination of Weismannism* (1892).

Esse trabalho de Romanes é uma obra-prima de controvérsia científica. O autor explorou cada uma das fraquezas do trabalho de Weismann: dificuldades em aplicar o conceito do *germeplasma* a plantas, as mudanças sucessivas das idéias de Weismann, contradições, etc. Uma estratégia esperta

de Romanes foi invocar o espírito de Darwin para participar da batalha. Ele apresentou a teoria do *germeplasma* de Weismann e a pangênese de Darwin como "os extremos lógicos do pensamento explicativo" (ROMANES, 1896, p. 1), chamando assim a atenção dos leitores para a incompatibilidade entre a obra de Weismann e uma das hipóteses mais queridas de Darwin. Outra estratégia utilizada nesse livro foi chamar a atenção sobre a semelhança entre a teoria do *germeplasma* de Weismann e a teoria das "estirpes" que já havia sido proposta muito tempo antes por Galton (*ibid.*, p. 108). Desse modo, ele indicava que Weismann não era original. Além disso, opinou que a teoria de Galton era superior à de Weismann (*ibid.*, p. 170).

É relevante indicar que a teoria de Galton era tão incompatível com as idéias de Darwin quanto as de Weismann, mas Romanes não apontou esse problema.

HERANÇA DE CARACTERES ADQUIRIDOS

Em 1890 Romanes apresentou seu último curso em Edinburgh. No mesmo ano, aceitou um convite de John Burton-Sanderson para trabalhar na universidade de Oxford (ETHEL ROMANES, 1896, p. 260, 271). Ele tinha agora 42 anos de idade e, pela primeira vez na vida, dispunha de laboratórios bem equipados e assistentes para sua pesquisa.

Ele planejou duas linhas de investigação experimental. A primeira, que já havia começado alguns anos antes, era a tentativa de proporcionar uma base empírica para a teoria da seleção fisiológica. A segunda foi uma tentativa de confirmação da herança de caracteres adquiridos.

A existência ou inexistência da herança de caracteres adquiridos não tinha qualquer relação com a seleção fisiológica. Era de grande importância para Romanes, no entanto, porque tanto Wallace quanto Weismann negavam que tal tipo de fenômeno pudesse existir. Se Romanes pudesse proporcionar evidências experimentais sólidas favoráveis à herança de caracteres adquiridos, ele derrubaria completamente a teoria neodarwiniana (ETHEL ROMANES, 1896, p. 245). Sua esposa testemunhou que esses experimentos eram de enorme importância para seu marido:

> Ele planejou muitos experimentos para testar essa teoria, experimentos que possuem um interesse patético para aqueles que o amavam, pois ocuparam sua mente até o próprio dia de sua morte. (ETHEL ROMANES, 1896, p. 243)

A herança de caracteres adquiridos foi um dos principais temas do segundo volume de *Darwin, and after Darwin*. Seu subtítulo era: “Post-Darwinian questions – heredity and utility”. Os dois autores contra os quais Romanes se volta, nesse volume, são Wallace e Weismann (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. vi). Como já havia feito em outras obras, Romanes utilizou Darwin contra seus adversários, enfatizando que o mestre aceitava a herança de caracteres adquiridos e que esse princípio era parte essencial da hipótese da pangênese (*ibid.*, vol. 2, p. 11).

Romanes contrastou as visões de Wallace e Darwin (Romanes, 1896-1897, vol. 2, p. 6), conforme mostrado no Quadro 1.

A teoria da seleção natural de acordo com Darwin	***A teoria da seleção natural de acordo com Wallace***
A seleção natural foi o principal meio de modificação, inclusive no caso do homem.	A seleção natural foi o único modo de modificação, exceto no caso do homem.
(a) Portanto é uma questão aberta, dependendo de evidências, se os fatores lamarckianos cooperaram.	(a) Portanto, é impossível que os fatores lamarckianos possam ter cooperado.
(b) Nem todas as espécies, nem, *a fortiori*, todos os caracteres específicos, foram devidos à seleção natural.	(b) Não apenas as espécies, mas todos os caracteres específicos, devem necessariamente ser devidos à seleção natural.
(c) Assim o princípio de utilidade não é de aplicação universal, mesmo no caso das espécies.	(c) Assim o princípio da utilidade deve necessariamente ser de aplicação universal, no caso das espécies.
(d) Assim, pode-se admitir a seleção sexual, ou qualquer outra causa suplementar de modificação; e, como no caso dos fatores lamarckianos, é uma questão de evidência se eles cooperaram, e em que grau.	(d) Assim, também, a sugestão de seleção sexual, ou qualquer outra causa suplementar de modificação, deve ser eliminada, e, como no caso dos fatores lamarckianos, sua cooperação deve ser considerada impossível.
(e) A teoria da seleção natural, como teoria de origem das espécies, não sofre nenhuma diminuição por aceitar a possibilidade, ou a probabilidade, de fatores suplementares.	(e) A possibilidade – e, *a fortiori*, a probabilidade – de qualquer fator suplementar não pode ser considerada sem sério detrimento da teoria da seleção natural, como uma teoria de origem das espécies.
(f) A esterilidade entre as espécies não pode ter sido devida à seleção natural.	(f) A esterilidade entre as espécies é provavelmente devida à seleção natural.

Com essa comparação, Romanes queria mostrar que Wallace (e outros neodarwinistas) estava em frontal desacordo em relação ao pensamento original de Darwin e que, por isso, não deveriam ser denominados “darwinistas” (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 9-10, 12).

Note-se que, agora, Romanes afirma que a teoria da seleção natural é uma teoria adequada de origem das espécies (ao contrário do que havia afirmado em seu artigo sobre seleção fisiológica).

Mais adiante, Romanes discute a questão da herança dos caracteres adquiridos e afirma que todas as evidências apresentadas por Weismann contra esse princípio, assim como todas as evidências apresentadas a favor do princípio, eram inconclusivas. Por isso, seria necessário realizar novos tipos de experimentos (ROMANES, 1896-1897, v. 2, p. 57).

Infelizmente, Romanes não teve tempo de desenvolver os experimentos que planejara. Sua saúde nunca foi excelente, e após sua mudança para Oxford piorou muito. Ele tinha dores de cabeça freqüentes, que reduziam sua capacidade de pesquisa. Em junho de 1892, logo depois da publicação do *An examination of Weismannism*, Romanes perdeu a visão do olho direito (ETHEL ROMANES, 1896, p. 300). Ele ficou consternado, pois isso o impediria de continuar seus experimentos sobre herança de caracteres adquiridos:

> Meu problema com o olho me impede de continuar meus experimentos sobre hereditariedade, exceto por delegação; isto é extremamente irritante, pois eles estavam proporcionando resultados muito interessantes. (Carta de Romanes para Huxley, 18/jun./92, *in*: ETHEL ROMANES, 1896, p. 297)

Pouco depois, Romanes teve novos problemas que pioraram sua visão. Nos meses seguintes, sua saúde foi precária. De acordo com sua esposa, a maior dificuldade era impedi-lo de trabalhar, pois ele sentia uma grande ansiedade para terminar seu livro e os experimentos que havia planejado (ETHEL ROMANES, 1896, p. 303). No início de 1893, sua saúde melhorou e ele recomeçou o trabalho. No dia 11 de julho de 1893, no entanto, sofreu uma paralisia parcial (hemiplegia) e perdeu as esperanças de recuperação (ETHEL ROMANES, 1896, p. 335). Encarregou então seu amigo Lloyd Morgan de cuidar da publicação do segundo e terceiro volumes do *Darwin, and after Darwin*. Durante os últimos meses de sua vida (outubro de 1893 a abril de 1894) ele se manteve lúcido, escrevendo cartas, tentando trabalhar e fazendo anotações, mas sabia que estava fora de combate.

A grande tristeza de Romanes era considerar seu próprio trabalho como incompleto. A teoria da seleção fisiológica não tinha sido estabelecida, e ele não tinha sido capaz de vencer a batalha contra os neodarwinistas. Ele pensava que poderia ter sucesso se pudesse prosseguir seu trabalho por mais uma ou duas décadas (ETHEL ROMANES, 1896, p. 342). Faleceu aos 46 anos de idade, sem completar a obra que queria desenvolver.

COMENTÁRIOS FINAIS

Durante sua carreira, Romanes obteve um reconhecimento por seus méritos, mas certamente mantinha uma ambição mais elevada, pois sua esposa assim descreveu sua atitude no final de sua vida:

> Com resignação absoluta **ele desistiu de todas suas ambições, a antiga ânsia por distinção, por uma fama mais grandiosa**, e no entanto ele não perdeu por um momento seu velho interesse pelo trabalho científico. (ETHEL ROMANES, 1896, p. 353; grifo nosso)

Qual, exatamente, era essa ambição? Uma interpretação plausível é a de que, depois da morte de Darwin, ocorreu uma luta pelo reconhecimento e pela liderança *entre os darwinistas*. Romanes tentou tornar-se o principal deles. Toda sua tática profissional pode ser compreendida a partir dessa hipótese. Conscientemente ou não, ele fez uso de diversas estratégias que poderiam contribuir para esse fim:

1. Ele sempre escreveu sobre Darwin de um modo respeitoso e defendeu o mestre contra críticas, como era esperado de alguém que queria ser reconhecido como sucessor científico de Darwin.
2. Tentou mostrar que sua própria interpretação do darwnismo era fiel às idéias de Darwin.
3. Criticou a interpretação do darwinismo proposta por outros darwinianos (especialmente Wallace e Weismann) e tentou mostrar que o neodarwinismo era incompatível com o pensamento original de Darwin.
4. Tentou complementar a teoria da seleção natural, propondo uma nova teoria que poderia responder a algumas sérias dificuldades da teoria de Darwin.
5. Tentou proporcionar uma base empírica sólida para a seleção fisiológica e obter aceitação para essa teoria.
6. Esforçou-se por manter-se em evidência, através de publicações, conferências e controvérsias públicas.
7. Tentou derrubar o trabalho científico dos adversários mais fortes que estavam lutando pelo manto de Darwin (os neodarwinistas), apresentando argumentos e tentando apresentar evidências empíricas contra suas opiniões (especialmente sobre a herança de caracteres adquiridos).
8. Tentou obter apoio de pessoas-chave, que ele apoiou e não criticou, em troca.

Se esta reconstrução da estratégia de Romanes é correta, ele tinha um excelente programa profissional, e boa chance de ser bem-sucedido. Se seus estudos experimentais tivessem dado resultado e se ele tivesse vivido um tempo suficiente para continuar sua campanha, é provável que Romanes tivesse conseguido atingir a liderança do grupo darwiniano no final do século XIX.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

BIBLIOGRAFIA

BOWLER, Peter. *Evolution:* the history of an idea. Berkeley: University of California Press, 1989.

————. *Charles Darwin:* the man and his influence. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

CASTAÑEDA, Luzia Aurélia. *As idéias pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria de evolução de Darwin*. Tese de doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1992.

DARWIN, Charles. Pangenesis. *Nature*, v. 3, p. 502-503, 1871.

————. *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray, 1868.

————. *The origin of species by natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life.* 6th ed. London: John Murray, 1872.

DARWIN, Francis (ed.). *The life and letters of Charles Darwin*. 3 v. London: John Murray, 1887.

————. *More letters of Charles Darwin*. 2 v. New York: D. Appleton, 1903.

FORSDYKE, Donald R. The origin of species, revisited. *Queen's Quarterly,* v. 106, n. 1, p. 112-134, 1999.[27]

GALTON, Francis. Experiments in pangenesis. *Proceedings of the Royal Society of London,* v. 19, p. 1393-1411, 1871 (a).

————. Pangenesis. *Nature*, v. 4, p. 5, 1871 (b).

LESCH, John E. Romanes, George John. v. 11, p. 516-20 *in*: GILLIESPIE, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of scientific biography*. 16 v. New York: Charles Scribner's Sons, 1970.

---

[27] Uma versão eletrônica deste artigo está disponível *on line* no seguinte endereço da internet: <http://post.queensu.ca/~forsdyke/evolutio.htm>

————. The role of isolation in evolution: George J. Romanes and John T. Gulick. *Isis,* v. 66, p. 483-503, 1975.
MARTINS, Lilian A.-C. P. Alguns aspectos da teoria de evolução de August Weismann. Pp. 279-83, *in:* GOLDFARB, José Luiz & FERRAZ, Márcia H. M. (eds.) *Anais. VII Seminário de História da Ciência e da Tecnologia.* São Paulo: EDUSP; Editora UNESP, 2000.
MAYR, Ernst. *The growth of biological thought:* diversity, evolution, and inheritance. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
MORRIS, William (ed.). *The heritage illustrated dictionary of the English language*. Boston: American Heritage, 1975.
ROMANES, Ethel. *Life and letters of George John Romanes*. London: Longmans, Green, and Co, 1896.
ROMANES, George John. Permanent variation of colour in fish. *Nature,* v. 8, p. 101, 1873.
————. Disuse as a reducing cause in species. *Nature,* v. 9, p. 361, 440; v. 10, p. 164, 1874.
————. Preliminary observations on the locomotor system of medusae (Croonian Lecture). *Philosophical Transactions of the Royal Society,* v. 166, p. 269-313, 1876.
————. Further observations on the locomotor system of medusae. *Philosophical Transactions of the Royal Society,* v. 167, p. 659-752, 1877.
————. Concluding observations on the locomotor system of medusae. *Philosophical Transactions of the Royal Society,* v. 171, p. 161-202, 1880.
————. Physiological selection: an additional suggestion on the origin of species. *Journal of the Linnean Society, Zoology,* v. 19, p. 337-411, 1886.
————. Wallace on *Darwinism*. *Contemporary Review,* v. 56, p. 244-258, 1889.
————. A note on Panmixia. *Contemporary Review,* v. 64, p. 611-612, 1893.
————. *An examination of Weismannism*. Chicago: Open Court., 1896.
————. *Darwin, and after Darwin*. 3 v. Chicago: Open Court., 1896-1897.
ROMANES, George John & EWART, James Cossar. Observations on the locomotor system of echinodermata. *Philosophical Transactions of the Royal Society,* v. 172, p.829-885, 1881.
SCHWARTZ, Joel S. Darwin, Wallace, and the *Descent of man*. *Journal of the History of Biology,* 17, p. 271-289, 1984.
————. George John Romanes's defense of Darwinism: the correspondence of Charles Darwin and his chief disciple. *Journal of the History of Biology,* v. 28, p. 281-316, 1995.
VORZIMMER, Peter. Charles Darwin and blending inheritance. *Isis,* v. 54, p. 371-390, 1963.
WALLACE, Alfred Russel. Review of Principles of Geology by C. Lyell. *Quarterly Review,* v. 126, p. 187-205, 1869.
————. Romanes *versus* Darwin. *Fortnightly Review,* v. 46, p. 300-316, 1886.
————. *Darwinism: an exposition of the theory of natural selection, with some of its applications*. London: Macmillan, 1889.
YOUNG, David. *The discovery of evolution.* Cambridge: Cambridge University Press, 1962.

COMO PENSAM AS ESPÉCIES?

Gustavo Caponi[*]

RESUMO

Segundo Daniel Dennett insistiu em diferentes trabalhos, o programa adaptacionista darwiniano constitui uma legítima e insubstituível translação da perspectiva intencional ao domínio da biologia. Mas, para que essa tese possa ser formulada com toda clareza, e não fique no plano da simples metáfora – coisa que não é o objetivo de Dennett – é necessário esclarecer qual seria o sistema intencional cujo comportamento estudamos conforme essa perspectiva. Assim, e contra a alternativa escolhida pelo próprio Dennett, e retomando uma proposta do Karl Popper, sustentaremos que esse sistema não é a natureza como um tudo, mas sim o sistema constituído por uma população ou uma linhagem de organismos: eles são os agentes dos processos adaptativos. Não é nossa meta, entretanto, contradizer as teses centrais da Dennett; mas sim as reforçar.
Palavras-chave: darwinismo; Daniel Dennett; perspectiva intencional; populações; sistemas intencionais.

HOW DO SPECIES THINK?

How do species think? Daniel Dennett has insisted in different occasions that Darwin's Adaptationist Program constitutes a legitimate and hardly displaceable translation of the intentional point of view in the Biology field. However, in order for us to be able to state this thesis clearly and to avoid getting into the domain of mere metaphor – which is not Dennett's purpose -, we have to single out what intentional system the behaviour of which we study on such a perspective. That being noted, we shall argue, contrary to the alternative that Dennett himself picked out, and close to Karl Popper's suggestion, that such a system is not nature as a whole, but the system made up by a population or a class of organisms: those are the agents of the adaptative processes. We do not, however, aim at contradicting Dennett's overall strategy; rather, we aim at reinforcing it.
Key words: darwinism; Dennett, D.; intentional systems; intentional stance; populations.

[*] Professor Associado do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. *E-mail: caponi@cfh.ufsc.br*

INTRODUÇÃO

Daniel Dennett (1991, p. 228 e ss.; 1996, p. 212 e ss.; 2000, p. 328 e ss.) tem afirmado em diferentes trabalhos que o programa adaptacionista darwiniano constitui uma legítima e dificilmente substituível translação da perspectiva intencional ao domínio da biologia. Porém, para que essa tese possa ser formulada com toda a clareza, e para que ela não fique no plano da simples metáfora (o que não é a intenção de Dennett), é preciso esclarecer qual seria o sistema intencional cujo comportamento estudamos, de acordo com esta perspectiva. Assim, contrariamente à alternativa escolhida pelo próprio Dennett, e aproximando-nos de uma sugestão de Karl Popper, sustentaremos que esse sistema não é a natureza como um todo, mas sim o sistema constituído por uma população ou uma linhagem de organismos.

Nosso argumento que, longe de pretender contradizer as teses de Dennett, pretende-se solidário com elas, baseia-se em certas constatações óbvias: os problemas adaptativos cujas soluções são estabelecidas por seleção natural, não são problemas da natureza, mas sim problemas para uma população ou linhagem, e o mecanismo pelo qual se busca essa solução é uma competência que ocorre principalmente no seio desta população: a luta pela existência. Além disso, o resultado dessa competência é capitalizado também por uma população: as adaptações não são atributos nem dos organismos, nem da natureza; são atributos ou recursos das populações. São elas, na realidade, as protagonistas do drama evolutivo. A seleção natural, segundo a perspectiva que tentaremos defender, não é outra coisa senão o processo de aprendizagem por meio do qual tais sistemas cognitivos ou intencionais adaptam-se ao ambiente.

ESTRATÉGIAS E SISTEMAS

Conforme Daniel Dennett tem insistido em diversos trabalhos, existem três estratégias possíveis a partir das quais se pode explicar e predizer o comportamento dos objetos que compõem o mundo à nossa volta: uma, a mais elementar e geral, é a estratégia física; outra é a estratégia de projeto; e a última, a estratégia intencional. A primeira estratégia é aquela que seguimos quando prevemos a trajetória de um corpo qualquer, em queda livre, considerando-a como a resultante de uma conjunção de condições iniciais e de leis físicas. A segunda é aquela que nos guia quando, ao dar partida no motor de nosso carro, sem levar em consideração nenhum conhecimento sobre a trama de fenômenos físicos que assim desencadeamos, prevemos que o mesmo

será posto em marcha. A terceira, finalmente, é aquela que nos leva a prever o comportamento de qualquer agente, atribuindo-lhe metas e opiniões que guiariam sua ação (cf. DENNETT, 1985a, 1985b, 1989, 1991, 1996, 1998a, 1999).

Usar uma ou outra estratégia, segundo Dennett, não depende de nenhuma propriedade inerente ou essencial ao objeto com o qual estamos tratando; depende sim da utilidade ou fecundidade cognitiva que esta decisão possa comportar em cada caso, considerando o que desejamos fazer e saber com relação ao referido objeto. Que um engenheiro use as leis da física para calcular a resistência de uma ponte, que um caçador apele ou não para a perspectiva intencional para predizer e manipular o comportamento de sua presa, ou que um economista faça como esse último para predizer o comportamento dos agentes de mercado, todas são eventualidades que dependerão da adequação que esses procedimentos apresentem para os objetivos cognitivos de um e de outro. Assim, o personagem interpretado por Brad Pitt em *A river runs through it,*[1] referia-se a seus progressos na arte da pesca dizendo que estava "conseguindo pensar como uma truta".

Porém, na medida em que o engenheiro seguir a estratégia física, e na medida em que esta resulte satisfatória, diremos que para ele esta ponte é um sistema físico; e na medida em que o caçador, o pescador e o economista seguirem a estratégia intencional, e isto lhes permitir alcançar seus objetivos cognitivos, diremos que, para eles, a presa, a truta e o agente de mercado são sistemas intencionais. As noções de sistema físico e de sistema intencional, em resumo, estão subordinadas às de estratégia física e estratégia intencional (DENNETT, 1985a, p. 6; 1985b, p. 13; 1989, p. 14; 1991, p. 28; 1997, p. 34).

É com base em considerações semelhantes que se pode justificar a adoção da perspectiva de projeto: na medida em que caiba confiar no bom funcionamento do ventilador de nosso carro, e mesmo sem analisar a trama de relações causais de caráter físico que estão por trás desse funcionamento, podemos antecipar que, se a temperatura do motor passar de certo nível, esse ventilador começará a funcionar até que a temperatura baixe. Mas é evidente que, se o mecanismo não funcionar e a temperatura da água fizer estourar o radiador, talvez a única alternativa que nos reste seja retroceder à posição física para tentar explicar o ocorrido como sendo, outra vez, o resultado de uma conjunção de leis e de condições iniciais de caráter puramente físico. Contudo, enquanto o mecanismo funcionar conforme o previsto, podemos

[1] Título horrivelmente traduzido pelos distribuidores brasileiros como *Nada é para sempre*.

considerá-lo como um sistema projetado e não como um sistema físico (DENNETT, 1985a, p. 7-8; 1985b, p. 11; 1999, p. 412).

Assim, enquanto é possível definir um sistema projetado como aquele cujo comportamento pode ser previsto com base na perspectiva de projeto, um sistema físico pode ser definido como aquele cujo comportamento pode ser previsto em termos da perspectiva física; e o mesmo se pode dizer da noção de sistema intencional em relação à perspectiva intencional. Ainda que, para precisar mais essas definições, devamos dizer que um objeto poderá ser considerado como um sistema de uma ou de outra natureza na medida em que seu comportamento possa ser antecipado e controlado com base em uma ou outra perspectiva.

Um jardineiro pode, até certo ponto, predizer ou retrodizer o crescimento de uma planta atribuindo-lhe o desejo de luz, e atribuindo-lhe também algum conhecimento sobre onde poderia encontrá-la. Por isso, neste sentido e dentro dos limites dos interesses do jardineiro, poderemos dizer que a planta é um sistema intencional de baixo nível. Isto é, de um nível inferior ao de algum pássaro que o jardineiro queira espantar de seu jardim; ou de um nível inferior ao dos clientes que ele poderia querer atrair com suas mercadorias e preços (DENNETT, 1989, p. 13-14; 1991, p. 33).[2]

Porém, essa planta pode também ser considerada como um sistema físico se quisermos manipulá-la geneticamente para intensificar ou neutralizar este tropismo: para a bioengenharia molecular a perspectiva intencional pode ser de muito pouca utilidade; aí a perspectiva a ser adotada é a física. E não há razão para dizer que esta atitude não possa ser adotada com relação ao agente de mercado, ou em relação à presa perseguida pelo caçador: podemos considerar o comportamento de ambos os sistemas como um conjunto de reações musculares que são o efeito de uma série de automatismos neuromotores desencadeados por estímulos específicos.

Contudo, embora isto possa resultar em um árduo, mas instigante, desafio para o neurofisiologista, para o caçador e o economista essa abordagem física é, não somente inviável, mas desnecessária e estéril. No domínio em que eles se movem, a estratégia intencional é suficiente e talvez insubstituível; e isto, no caso de um animal que perseguimos ou queremos espantar poderia não só ser válido para o caçador ou o jardineiro, como também poderia sê-lo para o estudioso do comportamento animal.

Acontece que, tal como Dennett (1989, p. 16 ss; 1991, p. 222 ss; 1998a, p. 325 ss; 1998b, p. 311 ss) insiste, a perspectiva intencional tem mostrado

[2] Uma idéia semelhante pode ser encontrada em Popper (1990, §10).

uma grande fertilidade heurística nessa área de pesquisas, e embora possa ser eventualmente complementada pela perspectiva física do neurofisiologista (DENNETT, 1991, p. 227; 1992, p. 24), não há porque a substituir por uma retórica behaviorista.

Não é a psicologia animal, todavia, a única área das ciências em que a perspectiva intencional tem uma função a cumprir. Na opinião de Dennett (1991, p. 230 ss; 1996, p. 187 e ss.; 2000, p. 342), toda a biologia evolutiva baseia-se na aplicação generalizada, porém devidamente cuidada, de uma forma muito peculiar deste modo de raciocinar: aquela que alguns autores, nem sempre de modo pejorativo, têm chamado de perspectiva adaptacionista (cf. WILLIAMS, 1966; RESNIK, 1997; SOBER, 1998; STERELNY e GRIFFITHS, 1999; LEWENS, 2000).

A HERMENÊUTICA DO SER VIVO

O adaptacionismo, defende Dennett (1996, p. 238) em oposição a Gould e Lewontin (1979), não é uma opção para o biólogo evolutivo, mas sim "o coração e a alma da biologia evolutiva". Nessa vasta área disciplinar, diante de toda estrutura orgânica, o darwinismo nos leva a realizar um tipo de retro-engenharia (*reverse enginnering*), ou de hermenêutica do ser vivo (DENNETT, 1996, p. 212), cuja lógica e cujas dificuldades (LEWENS, 2002, p. 27) são semelhantes à lógica e às dificuldades apresentadas pela análise de um arqueólogo ou de um historiador que tenta reconstruir a finalidade de uma ferramenta ou de uma máquina antiga (DENNETT, 1996, p. 214).

Esses partem da suposição, usualmente chamada de princípio de racionalidade, de que tanto a máquina em sua totalidade, como cada parte ou elemento dela, está ali porque, com base nos conhecimentos e na escala de valores e preferências dos construtores, podia-se chegar a pensar que este era o melhor modo disponível para realizar os objetivos que, supomos, eles perseguiam (cf. DENNETT, 1998a, p. 325; 1998b, p. 311; WATKINS, 1974, p. 82). Assim, a indagação em torno da máquina estará direcionada para elucidar tanto esses objetivos como a série de conhecimentos e valores que guiaram sua construção.

A descoberta do efetivo funcionamento da máquina e a análise de como interagem cada uma de suas partes, serão, sem dúvida, recursos ou momentos necessários dessa investigação. Porém, ainda assim, a meta cognitiva do arqueólogo ou do historiador não é saber como a máquina funciona, e sim saber o que se esperava dela, determinar porque se pensava que, da maneira como estava construída, podia cumprir satisfatoriamente a sua função.

Ou, dizendo de outro modo: mesmo quando a análise do artefato enquanto sistema projetado, ou enquanto sistema físico, possa ser um recurso fundamental para o historiador ou o arqueólogo, o que ambos procurarão realizar é uma análise dessa máquina enquanto resultado do comportamento de um sistema intencional, que não é ela mesma, mas sim o indivíduo ou grupo que a projetou. Nesse caso, passar da perspectiva física ou de projeto para a perspectiva intencional supõe também uma mudança no sistema que haveremos de considerar como objeto de análise.

Há ocasiões, evidentemente, em que a própria máquina pode, por si mesma, ser considerada a partir da perspectiva intencional. Quem joga xadrez com um computador geralmente considera seu rival como sendo um sistema intencional (DENNETT, 1985, p. 8 e seguintes). Somente se a máquina apresentar um defeito ou falha é que passaremos a considerá-la a partir da perspectiva física, ou a partir da perspectiva do projeto. Contudo, se diante da identificação de uma peculiaridade, ou de uma limitação ou falha no programa de nosso computador enxadrista, vamos nos perguntar que razões fizeram a máquina pensar deste modo, e não de outro modo possível; nesse caso, o que estaremos abordando a partir da perspectiva intencional já não será o próprio computador, mas seu programador.

É importante salientar, por outro lado, que a perspectiva intencional pode seguir dois caminhos possíveis e absolutamente complementares de análise: podemos considerar a ação humana e seus produtos como resultantes de uma opção entre meios disponíveis para a realização de um determinado fim, ou podemos considerá-la como obedecendo a um cálculo de custos e benefícios (cf. DAWKINS, 1996a, p. 14-15). Conforme o primeiro ponto de vista, que é o do engenheiro ou ainda o do *bricoleur*, o processo de construção de qualquer objeto ou dispositivo técnico, bem como de qualquer outra seqüência de ações, é considerado como uma série encadeada de opções entre meios alternativos, cognitivamente disponíveis para o agente, de tal modo que cada uma dessas opções resulta, em virtude das convicções deste agente, mais satisfatórias do que as outras, para a consecução do fim ou meta que o mesmo quer alcançar.

Enquanto isso, conforme o segundo ponto de vista, que é o de um economista, qualquer ação ou decisão de um agente intencional será considerada como a resultante de um cálculo, mais ou menos informal ou vago, de custo-benefício. Segundo esta perspectiva, “a ação implica necessariamente em renunciar a algo considerado de menor valor, para obter ou preservar algo cujo valor se considera maior” (VON MISES, 1975 [1959], p. 25-26). Em outras palavras, “a ação implica sempre e simultaneamente, preferir e renunciar” (VON MISES, 1996 [1980], p. 37).

Na realidade, esse último ponto de vista é mais fundamental e importante que o primeiro: um meio sempre pode ser pensado como um recurso que se inverte ou um custo que se admite, visando à consecução de uma meta, consecução esta considerada como benefício. Porém, nem sempre é possível, ou intuitivo, considerar um custo como se fosse um meio: em certos contextos, o desperdício de combustível de um motor defeituoso pode ser considerado um gasto razoável se o custo implicado no conserto do defeito acabar sendo maior do que o custo do combustível desperdiçado. É difícil dizer, entretanto, que este desperdício seja um meio ou um recurso para fazer funcionar o motor; e isto é particularmente importante para entender como a atitude intencional entra na biologia evolutiva.

Os darwinistas clássicos inclinaram-se, embora não totalmente, a considerar as estruturas orgânicas em termos de meio-fins, ou em todo o caso, em termos de solução-problema (CRONIN, 1991, p. 67). Cada perfil de um organismo era considerado como solução para um problema adaptativo colocado pelo ambiente, ou como efeito secundário de tal solução (LEWONTIN, 1979, p. 145; 2000, p. 44-45). Para eles, a seleção natural operava como um engenheiro ou um *bricoleur*, que sempre encontrava o melhor modo disponível de resolver um problema. Orientados para a identificação dos benefícios produzidos pelas estruturas adaptativas, Darwin e seus seguidores mais imediatos não prestaram muita atenção nos custos implicados na aquisição e na manutenção dessas estruturas (CRONIN, 1991, p. 70). E se isto pode não ser muito relevante na hora de explicar uma estrutura, cuja eficiência nos parece óbvia e admirável, sim pode ser muito importante para explicar estruturas de projeto pouco satisfatório ou, mais ainda, na hora de explicar estruturas ou características orgânicas cuja presença implica em alguma desvantagem para seus portadores.

O darwinismo atual, entretanto, ao levar mais em conta o ponto de vista econômico, nos faz pensar que uma estrutura adaptativa não só deve poder resolver um problema colocado pelo ambiente, mas deve fazê-lo a um custo sustentável; e, às vezes, o melhor resulta caro demais (CRONIN, 1991, p. 66). Porém, além disso, é esse mesmo ponto de vista não-panglossiano que nos permite entender que certas características produzem algumas claras desvantagens para seus portadores. Tais desvantagens podem ser consideradas como custos compensados por benefícios que essa mesma estrutura produziria, mas que nos ainda desconhecemos, ou como custos compensados pelos benefícios produzidos por uma segunda estrutura, cuja presença supõe ou implica a presença da primeira (CRONIN, 1991, p. 67). O ponto de vista econômico, longe de limitar ou moderar o programa adaptacionista, o completa, amplia e fortalece.

Assim, diante de uma espécie de pássaros que põe, geralmente, quatro ovos, e não cinco, ou três, como os de outra espécie da qual são aparentados, o darwinismo nos leva a pensar que deve haver alguma (boa) razão para que as coisas aconteçam deste modo: para esses pássaros, dadas as condições em que vivem, quatro ovos devem ser melhor, de certo modo, que três ou cinco. A partir dessa suposição de otimalidade ou, se se quiser, de maior satifatoriedade relativa às alternativas disponíveis (DENNETT, 1991, p. 234; SIMON, 1996, p. 29), tentam-se estimações sobre gastos de energia, probabilidade de sobrevivência, escassez de comida, etc.; essas estimações servirão de base para a formulação de uma hipótese segundo a qual, nesse contexto local e dadas as alternativas presumivelmente disponíveis, aquela seria a melhor alternativa viável (DENNETT, 1991, p. 247).

A ESTRUTURA DA EXPLICAÇÃO SELECIONAL

A explicação darwinista é sempre, neste sentido, a explicação de uma diferença (LEWONTIN, 2000, p. 9; WERNER, 1999, p. 16), ou inclusive, de algo como uma opção entre duas alternativas (CRONIN, 1993, p. 67). Como o próprio DENNETT (1991, p. 238) o explica: "quando os biólogos formulam a pergunta *por que* dos evolucionistas, estão buscando *a razão de ser* que explique a escolha de determinada característica"; e isso significa que não se trata então de explicar *como* algo acontece ou age, mas sim mostrar *porque* isso pode ser *melhor* do que outra coisa que, num contexto específico, apresentava-se como alternativa. Isto é, não se trata simplesmente de saber o que é que algo faz, mas sim de saber em que sentido o faz *melhor* do que alguma alternativa efetiva (cf. DAWKINS, 1996a, p. 15 e ss.).

O próprio darwinismo, podemos concordar com Dennett (1995, p. 129), não é introduzir a vida na ordem da necessidade galileana. Darwin não foi, nem quis ser, o "Newton do galhinho de erva"; longe disso, o objetivo de seu vasto argumento era mostrar-nos como a vida submete-se à essa necessidade que resulta da escassez. Essa necessidade que, como Von Mises (1980 [1966], p. 155) nos explicou, também serve de fundamento à praxiologia. Com efeito, a teoria da seleção natural leva os biólogos a pensarem que, sob o impiedoso império da "luta pela existência", não há estrutura que perdure ou se propague, sem que isto não comporte alguma vantagem, ou não seja o custo residual de tal vantagem (CRONIN, 1991: p. 67); isto faz com que o biólogo possa formular e contestar perguntas, por que, a partir de uma perspectiva que é muito próxima daquela que, diante de qualquer ação ou omissão de um agente intencional,

nos faz pensar que o mesmo agiu ou deixou de agir em virtude de alguma (boa) razão que é preciso esclarecer (DENNETT, 1996, p. 129).

Não devem surpreender-nos, nesse sentido, os “ares de família” que guardam entre si as explicações darwinianas e as explicações das ciências humanas que apelam para o modelo da opção racional (cf. MÉRÖ, 2000, p. 160; MUELLER, 1996, p. 105). As aplicações da teoria dos jogos na biologia evolutiva, como as desenvolvidas por Maynard Smith (1979; 1982) são, por outro lado, um indício de que não se trata de uma semelhança superficial. De fato, e como Herbert Simon (1996, p. 8) assinalou, “o papel desempenhado pela seleção natural na biologia evolutiva é idêntico ao papel representado pela racionalidade nas ciências do comportamento humano”; e, de fato, pode-se apontar um significativo isomorfismo entre a explicação selecional darwiniana e a explicação intencional própria das ciências humanas. Essas últimas, com efeito, obedecem ao seguinte modelo explicativo:

Explanans:
– Um agente **P** quer alcançar a meta **S**.
– Conforme os critérios e as informações que guiam a ação de **P**, existem dois modos alternativos (**X** e **Y**) de alcançar **S**; e, também segundo esses critérios e informações, **X** constitui o melhor deles.
....
Explanandum:
– **P** opta por **X**.

Esse esquema, diferentemente do proposto por Von Wright (1980), contempla a insistência, geralmente ignorada, de Von Mises (1975, p. 17 e p. 26; 1980, p. 37) para o fato de que a explicação intencional deve ser entendida mais como a explicação de uma opção do que como a explicação de uma ação. Porém, no contexto da discussão em que estamos envolvidos, o melhor rendimento deste modo de representar a explicação intencional reside em que ele mesmo põe em evidência que esta última, do mesmo modo que a explicação selecional darwiniana, é também a explicação da retenção ou preferência de uma alternativa, que, entre outras possíveis, apresenta-se em um determinado contexto como a solução mais satisfatória para um determinado problema (cf. LEWENS, 2002, p. 9).

Como dissemos acima, a explicação darwiniana é sempre a explicação de uma diferença entre duas alternativas que, indicando-nos uma opção ou uma preferência, nos diz porque algo pode ser melhor do que outra coisa, em um determinado contexto, e isto pode ser representado neste *modelo geral da explicação selecional*:

Explanans:

– A população **P** está submetida à pressão seletiva **S**.

– A estrutura *X* (presente em **P**) constitui uma melhor resposta a **S**, do que sua alternativa *Y* (também disponível em **P**).

....

Explanandum:

– A incidência de *X* em **P** é maior do que a de **Y**.

Nessa explicação, as pressões seletivas às quais está submetida uma população não são consideradas como causas mecânicas da retenção das estruturas adaptativas. Ela, como vemos, não apela nem precisa apelar para nenhum enunciado nomológico que conecte pressão seletiva e resposta, como se tratasse de uma relação causal humana. Ao invés de mostrar-nos uma relação de causa-efeito, a explicação darwiniana exibe uma equação de custo-benefício. É que, em certas áreas de experiência, entre as quais não se conta a da física, mas se contam a da retro-engenharia e a da biologia evolutiva, pode-se dizer que, ou as coisas estão onde estão porque sua presença implicou, em algum momento, em um benefício maior que aquele que houvesse implicado sua ausência, ou que elas perduram porque perdê-las implicaria mais custos que mantê-las.

Essa diferença, por vezes pequena, de custos ou benefícios favorecendo a difusão ou a persistência de alguma coisa, não constitui a causa dessa coisa, mas sim sua razão de ser (DENNET, 1991, p. 230; 1996, p. 76). Uma razão, no final das contas, não é mais do que aquilo que se pode deixar de ganhar ou perder, fazendo ou desejando fazer alguma coisa; e foi nesse sentido que podemos dizer que a explicação darwiniana é uma explicação por razões antes de ser uma explicação por causas. A descrição das pressões seletivas às quais está submetida a população explica a retenção de uma estrutura, não por descrever a causa eficiente que a produz, mas sim por mostrar as razões desta retenção (cf. BRANDON, 1990, p. 166).

DO QUE ESTAMOS FALANDO?

Mas para nós, é verdade, razões são sempre razões de alguém: razões de um sujeito ou agente intencional; por isso, a idéia de pensar na explicação darwiniana como um tipo peculiar de explicação por razões, pode nos parecer uma maneira, só ligeiramente velada, de incorrer no mais grosseiro e superado antropomorfismo teológico. Dizer que conhecemos ou buscamos as razões da difusão de uma determinada coloração em uma população de mariposas,

pareceria implicar que conhecemos ou buscamos os motivos que explicariam a ação de uma inteligência demiúrgica que teria preparado esta difusão. Contudo, se, em lugar dessa concepção usual, porém estritamente psicologista, do conceito de razão, optarmos por uma mais ampla, segundo a qual uma razão é qualquer fator que determina e permite explicar e antecipar o comportamento de um sistema intencional, é possível que possamos evitar incorrer em uma representação antropomórfica da explicação darwiniana.

O problema, entretanto, não reside exclusivamente no conceito de razão, mas na correta e precisa delimitação de qual seria o sistema intencional, cujo comportamento explicaríamos apelando para essas supostas razões. Acontece que, para podermos entender de forma cabal a maneira pela qual a perspectiva intencional rege a biologia evolutiva, não podemos negligenciar o fato de que a mesma nos impõe um deslocamento no foco do interesse análogo ao que, como vimos, ocorre quando no estudo de uma máquina deixamos de tentar controlar ou de predizer seu comportamento individual, e nos perguntamos que razões guiaram seus planejadores. Aqui também uma troca no tipo de perguntas que podem nos suscitar as estruturas orgânicas, haverá de envolver uma troca com relação ao *sistema* ou conjunto de objetos que nos disporemos a analisar.

Na área da retroengenharia, conforme dizíamos, deixamos de considerar as próprias máquinas como sistemas físicos, ou como no caso dos computadores, enquanto sistemas intencionais; e, no lugar disto, passamos a considerá-las como desempenhos ou produtos desse sistema, ou agente intencional, que é seu inventor ou programador. Isto é: o foco de nossa análise já não está na própria máquina, mas no agente ou sistema que a projetou. Entretanto, quando adotamos a perspectiva adaptacionista própria da biologia evolutiva, o que deixamos de lado pode ser, ou a perspectiva física do fisiologista ou do biólogo molecular, ou a perspectiva intencional que eventualmente podemos nos admitir para a conduta animal (DENNETT, 1991, p. 228).

No primeiro caso, deixamos de considerar as estruturas orgânicas como máquinas auto-reguladas, inclusive as autopoiéticas (MATURANA e VARELA, 1997, p. 70), de grande complexidade, cujo funcionamento devemos explicar de modo causal, passando a pensá-las como a resultante de uma história de pressões seletivas. No segundo caso, em troca, deixamos de pensar no comportamento animal como obedecendo às metas e crenças de um organismo individual; e, tentando elucidar por detrás de uma série de comportamentos individuais um padrão de comportamento comum a toda uma classe de organismos, nos perguntamos também pelas pressões seletivas a que teria obedecido a sua retenção enquanto estratégia ou recurso adaptativo (DENNETT, 1991, p. 230).

Assim, em ambas as situações, a estrutura, o funcionamento e o comportamento do organismo individual passam a ser considerados como desempenhos ou respostas particulares de um sistema que não é este mesmo organismo individual. Tanto quando passamos da perspectiva psicológica à perspectiva etológica[3] no estudo do comportamento, como quando passamos da perspectiva funcional à perspectiva evolutiva no estudo do metabolismo de uma bactéria, o sistema intencional cujo comportamento tentamos predizer e explicar não é este ou aquele animal ou esta ou aquela bactéria. Porém, se não são as bactérias particulares as que se adaptam em virtude de uma mudança metabólica, nem é certo animal o que desenvolve um padrão herdado de comportamento, como resposta a uma determinada pressão seletiva, qual é o sistema intencional ao qual podemos atribuir esses desempenhos?

DUAS RESPOSTAS POSSÍVEIS

Os textos de Dennett (1996, p. 133) nos propõem duas respostas possíveis para essa pergunta: a primeira fica sugerida ao se considerar como uma alternativa legítima a possibilidade de personificar uma espécie e tratá-la como se fosse um agente ou um raciocinador prático (*a pratical reasoner*); a segunda, por sua vez, é a que surge da alternativa de considerar a própria seleção natural, "talvez jocosamente personificada como *Mãe Natureza*", e não a espécie, como se fosse o agente produtor dos projetos biológicos. Sendo essa última, na realidade, a que Dennett (1996, p. 233; 2000, p. 342) parece preferir quando insiste na idéia de que "a tarefa da retroengenharia em biologia é representar o que a *mãe natureza* tinha em mente" (DENNETT, 1996: p. 228), ou então*, ler o pensamento da mãe natureza* (DENNETT, 1991, p. 264). Porém, não sendo a mãe natureza outra senão a própria seleção natural (DENNETT, 1991, p. 230; 2000, p. 341), podemos dizer que para nosso autor, ela seria o sistema intencional responsável pela evolução biológica.

---

[3] A diferença entre esta perspectiva que chamamos de psicológica e essa outra perspectiva que pode ser a da Etologia, mas também a da sociobiologia, fica bem marcada por esta passagem de Elster (1989, p. 31) em que, referindo-se aos dois níveis em que se pode analisar um jogo de perseguição no reino animal, esse autor nos diz que: "No nível individual podemos ver a raposa que persegue a lebre através dos campos em qualquer dia de outono. No nível da espécie, a raposa está caçando a lebre através das gerações, adaptando-se continuamente às contra-adaptações desta última". No nível individual, a raposa e a lebre são sistemas intencionais; no nível da espécie, o são a espécie Raposa e a espécie Lebre.

Não parece tratar-se de uma idéia por demais rebuscada: na realidade, com ou sem ironia, a seleção natural foi muitas vezes considerada como um substituto leigo do Deus de Paley (por exemplo: CAMPBELL, 1974, p. 192; BRANDON, 1999, p. 383; GOULD, 1994, p. 138). Por sua vez, as representações da seleção natural como sendo um "engenheiro" (DOBZHANSKY, 1973, p. 409), um "*bricoleur*" (JACOB, 1982, p. 72), ou até um "relojoeiro cego" (DAWKINS, 1996b, p. 5), tão caras a Dennett (1996, p. 229 e ss), apontam nessa mesma direção: mostram-nos a seleção natural como um processo ou um agente produtor de projetos ou solucionador de problemas; e nesse sentido, pode-se dizer que ela constitui um sistema intencional.

Acreditamos, todavia, que esta resposta apresenta uma dificuldade importante: a solução que a seleção natural encontra para aquilo que, em um dado momento, constitui um problema adaptativo ou uma pressão seletiva, chama-se adaptação, e as adaptações não são atributos nem dos organismos individuais nem da natureza ou da vida como um todo: são atributos de uma população ou linhagem de organismos. O que se adapta, o que resolve problemas, o que responde a uma pressão seletiva em virtude de uma adaptação, no sentido darwiniano do termo, não é o indivíduo (WEST-EBERHARD, 1998, p. 8; GRIFFITHS, 1999, p. 3), nem tampouco é a vida ou a natureza como um todo: é a própria população.

Isso se aplica também aos problemas adaptativos que dizemos resolverem essas adaptações: os mesmos são, antes de mais nada, problemas de uma população. Às perguntas *quem* ou *o quê* se adapta, *quem* ou *o quê* resolve problemas adaptativos, só cabe uma resposta: as populações, sendo que em alguns casos poderemos dizer também, as espécies. Compreendendo evidentemente que essas, enquanto populações, são também realidades concretas: sistemas individuais histórica e geograficamente situados (GHISELIN, 1983 [1969], p. 106; 1997, p. 14; MAYR, 1988, p. 346; HULL, 1984, p. 28). São então essas populações que, pela mediação da seleção natural, encontram soluções para os diferentes problemas adaptativos que enfrentam; seus e não da natureza como um todo, são os custos e benefícios acarretados por tais soluções.

Por outro lado, é ainda digno de ressaltar que a seleção natural é um fenômeno que, num sentido estrito, ocorre primária e essencialmente dentro das próprias populações. A natureza está em guerra, como dizia Augustin de Candolle (1820, p. 384), porém a luta pela sobrevivência que serve de motor para a seleção natural ocorre basicamente dentro de cada espécie ou, mais geralmente, dentro de cada população (DARWIN, 1859, p. 63 e 75). No que diz respeito a esta luta, o principal concorrente do antílope não é o leão, mas sim outro antílope (cf. MAYR, 1992, p. 91), e se passarmos da perspectiva

clássica à mais moderna, segundo a qual quem compete não são os organismos mas sim os genes que estes comportam, esse caráter intra-específico ou intrapopulacional da seleção natural torna-se mais evidente ainda (DAWKINS, 1993, p. 24; 1999, p. 4). A mesma seleção parental (*kin selection*), inclusive, só ocorre entre clãs que pertencem à mesma população (MAYNARD SMITH, 1979, p. 19; DAWKINS, 1999, p. 4; WILLIAMS, 1997, p. 56-57); trata-se, definitivamente, de "uma forma de seleção darwiniana individual" (GOULD, 1983, p. 93).

A rigor, a seleção natural, entendida como um fenômeno único e universal, não existe: existem somente processos seletivos concretos atuando dentro ou sobre uma população. Os organismos terrestres não estão submetidos a um fator único chamado seleção natural, como sim, de fato, estão submetidos à força da gravidade: eles estão submetidos a diferentes e específicas pressões seletivas. Personificar a seleção natural em uma Mãe Natureza pode ter o defeito de fazer-nos negligenciar estes importantes aspectos da teoria darwiniana.

Logo, com base nessas considerações, e respeitando ainda o núcleo da tese de Dennett aqui apresentada, permitimo-nos sugerir que a melhor resposta à pergunta sobre a identidade do o agente das mudanças evolutivas é aquela que nosso autor, de certo modo, deixou de lado: os sistemas intencionais, cujas razões tentamos desentranhar quando recorremos à perspectiva intencional em biologia evolutiva não são senão as próprias populações. A mente que lemos na retroengenharia darwiniana não seria a mente da mãe natureza, mas a mente das espécies ou, mais precisa e geralmente, a mente das populações: esse é o objeto privilegiado da hermenêutica do ser vivo. Ainda que, para sermos menos provocativos, possamos simplesmente dizer que *o* sistema intencional, cujo comportamento analisamos sob a perspectiva darwinista não é a natureza como um todo, mas sim o sistema constituído por uma população ou um limite determinado de organismos. E, ao dizer isso, não estamos fazendo mais do que recuperar aquilo que Popper (1974 [1965], p. 225) sugeriu em *Sobre nuvens e relógios* quando disse que:

> o organismo individual é uma espécie de *ponta de flecha* da seqüência evolucionista do organismos a que pertence (seu *phylum*): ele mesmo é uma solução tentativa que prova novos nichos ecológicos, elegendo e modificando o meio. Mantém com seu *phylum* relações quase iguais às que as ações (comportamento) do organismo individual mantém com este: tanto o organismo individual como o seu comportamento são ensaios que se podem eliminar mediante a supressão de erros.

A seleção natural, sob esta ótica, não seria então o agente dos processos evolutivos, mas sim o procedimento ou processo por intermédio do qual a população explora e avalia o universo das soluções disponíveis para os diferentes problemas adaptativos que ela deve enfrentar para sustentar-se no tempo (DENNETT, 1996, p. 133; CRONIN, 1991, p. 67).

AS POPULAÇÕES COMO *SISTEMAS COGNITIVOS*

Podemos dizer, então, que enquanto sistemas intencionais, a principal diferença das populações biológicas em face dos sistemas resolutores de problemas constituídos pelos seres humanos individuais residiria, simplesmente, no procedimento pelo qual supomos que umas e outros exploram o âmbito do projeto (DENNETT, 1995, p. 124 e ss.) em busca de possíveis soluções para tais problemas: num caso, trata-se da deliberação de agentes intencionais mais ou menos míopes, que atuam conforme a metas alternativas e a determinados sistemas de crenças e preferências; em outro, trata-se de um mecanismo de tentativa e erro que, dentro de uma certa margem limitada de possibilidades (DENNETT, 2000, p. 337), gera soluções rivais para os infinitos desdobramentos de um único problema fundamental (a sobrevivência) e elimina aquelas alternativas que, entre todas as efetivamente disponíveis, sejam as menos aptas para resolvê-lo.

A seleção, nesse sentido, parece-se menos com a deliberação ou o cálculo governado por fórmulas algorítmicas do que com as simulações feitas por um computador (cf. RESNICK, 1994, p. 50 e ss.; SIMON, 1996, p. 14 e ss.; HARTMANN, 1996, p. 78); é por isto que os processos evolutivos prestam-se tão facilmente a esse tipo de estudos (cf. EMMECHE, 1994, p. 92; DAWKINS, 1996b, p. 66 e ss.; CASTI, 1998, p. 172 e ss.; HELMREICH, 1999, p. 74 e ss.).

As espécies ou, mais geralmente, as populações pensam – isto é, buscam soluções para problemas adaptativos, avaliam os custos e benefícios das diferentes alternativas individualizadas e escolhem a mais satisfatória – gerando alternativas que competem entre si, ficando com aquela que desloca suas concorrentes: como o que se busca são somente estruturas capazes de perdurar ou perpetuar-se ao longo de diferentes gerações, o procedimento resulta cruelmente efetivo: escolhe-se o mais sustentável em detrimento daquilo que, em um contexto e em uma conjuntura precisa e limitada, resulta menos sustentável.

Tanto na história do ser vivo como no mercado, a competência funciona como um “procedimento de descoberta” (HAYEK, 1981, p. 156) apto para o estabelecimento de ótimos locais (ELSTER, 1989, p. 16): e dizer que uma população constitui um sistema intencional não é outra coisa senão dizer que a mesma constitui um sistema cujo funcionamento e evolução perseguem,

dentro das limitações nas quais opera (DENNETT, 1991, p. 234), a consecução de tais ótimos locais.[4] Algo que, a rigor, não se pode dizer de um sistema físico. Dizer que uma população pensa não significa, então, atribuir-lhe vida anímica, mas sim reconhecer-lhe a capacidade de gerar soluções para problemas e a capacidade de calcular custos e benefícios.

Calcular e, mais geralmente, pensar é algo que pode ser feito por diferentes tipos de sistemas: um cérebro composto de neurônios pode projetar e calcular, mas também um circuito de silício pode calcular e projetar; um conjunto de agentes intencionais que competem entre si pode calcular e planejar o modo menos dispendioso de produzir uma mercadoria, ou pode calcular e planejar uma população de organismos submetidos à luta pela existência. O substrato, a matéria de que se compõem os elementos do sistema e a natureza de suas interações é aqui relativamente secundário. O que importa é que seu desempenho sempre, com maior ou menor eficiência, tenda à descoberta do modo mais eficaz de resolver o problema. O sistema poderá fracassar, porém seu fracasso deverá ser entendido como um ensaio fracassado na tentativa de alcançar esse objetivo.

Porém, mesmo sem atribuir-lhe uma vida psíquica ou uma intimidade, podemos, todavia, dizer que uma população, ou uma espécie, constitui um sistema cognitivo, atribuindo a essa última expressão o sentido suposto na comparação que se segue e que poucos recusariam:

> como outros animais, os seres humanos constroem e renovam sua representação do mundo a partir de duas fontes fundamentais: a percepção e a memória. Sem percepção, um animal não saberia nada de seu ambiente. Sem memória, um sistema físico (por exemplo, um termostato ou uma célula fotoelétrica) poderia, sem dúvida, tratar informações, mas não poderia aprender. Dito de outro modo: não poderia adaptar sua conduta às mudanças do ambiente; e um sistema incapaz de aprender não é um sistema cognitivo autêntico. (JACOB, 2001, p. 26)

Acontece que, diferentemente do termostato, cujo padrão de resposta ao ambiente permanece invariável, uma população biológica pode efetivamente

[4] Na realidade, a tese que sustentamos aqui não somente pode apresentar-se como uma ligeira variação da tese de Dennett, como também pode ser considerada como uma variante da idéia de Elster (1989: p.16 e ss.; 1992: p. 49 e ss.), segundo a qual a seleção natural deve ser pensada como uma *máquina maximizadora* local que, por si própria, se diferenciaria dessas *máquinas maximixadoras* globais que seríamos nós. Só que, em nosso esquema, o que aparece retratado como *máquina maximizadora* local não é a seleção natural e sim a população; aquela seria o *modus operandi* desta última: seu sistema de calcular custos e benefícios.

adaptar-se às mudanças do ambiente, quer dizer, pode aprender. E faz isso por meio de um modo de perceber essas mudanças que, se não lembra a visão, pode, pelo menos, ser comparado com o sistema de orientação dos morcegos ou com os movimentos de bengala de um cego. Cada organismo individual, e cada uma de suas características particulares, pode ser pensado, à maneira de Popper, como uma tentativa exploratória cuja sorte (êxito ou fracasso; reforço ou castigo) produzirá um dado, uma diferença, a ser registrado nessa memória que é o *pool* genético da população. A luta pela existência informa, a cada momento, quais são as demandas do ambiente e quais são os melhores modos disponíveis de atendê-las no momento preciso, e as trocas nas freqüências genéticas são o registro desta informação: eis aí a percepção e a memória desses sistemas cognitivos que são as populações.

Não se enganam, portanto, os que dizem que a distinção entre "replicadores" e "interagentes" (HULL, 1980, p. 318) ou "veículos" (DAWKINS, 1993 [1976], p. 31) é essencial para a definição darwiniana ou evolucionista da vida (EMMECHE e EL-HANI, 2000, p. 43). O darwinismo nos convida a ver a vida como sendo um processo cognitivo: a vida antes de ser uma propriedade dos organismos, é uma propriedade das populações (EMMECHE e EL-HANI, 2000, p. 43); e dizer que esses são sistemas vivos é o mesmo que dizer que se trata de sistemas evolucionantes: sistemas que aprendem a resolver problemas. Porém, para dizer que estamos diante de um sistema cognitivo, devemos ser capazes de apontar não somente como este sistema registra a informação do seu entorno, mas também como a conserva e a modifica, sendo isso o que nos permite fazer a distinção entre essas pontas de flecha ou tateamentos, que são os *interagentes*, e essa memória mutante, que são os *replicadores*.

O QUE AS POPULAÇÕES NUNCA CHEGARÃO A SABER

Porém, do mesmo modo que todos os outros sistemas intencionais realmente existentes, as populações biológicas também operam com base em fontes e mecanismos de processamento de informações de eficiência limitada. Assim, a maior e mais clara limitação da seleção natural enquanto procedimento de projeto, baseia-se no fato de que a mesma só pode registrar lucros imediatos e individuais. Uma modificação, para ser favorecida pela seleção natural, tem que representar uma vantagem concreta e imediata para seus portadores; para, além disto, a seleção natural é cega e nisto consiste a sua mais clara miopia: só o que serve aos indivíduos aqui e agora será retido, sem considerar os custos ou as conseqüências futuras para o resto da população.

Jean Gayon (1989, p. 217) observou com pertinência: "A seleção natural opera sobre diferenças infinitesimais de benefícios, e seu produto acumulado no tempo é a adaptação". Porém, conforme dissemos, não são os indivíduos, mas sim as populações as que se adaptam darwinianamente ao ambiente: esse capital constituído pelas estruturas adaptativas que permitem ou permitiram a tais populações de se sustentarem em um ambiente determinado, somente pode produzir-se a partir da acumulação dos benefícios imediatos que certas particularidades possam representar para seus portadores individuais.

A única evidência a favor de uma diferença que a seleção pode registrar é sua contribuição ao êxito reprodutivo diferencial de seu portador e nisto baseia-se todo o rigor e também toda a limitação da seleção natural como processo de descoberta. Não sendo mais do que um obcecado e sempre renovado prêmio ao êxito reprodutivo individual, a seleção natural não só pode eventualmente favorecer, ainda que não por muito tempo ou sem alguma compensação, estruturas que não contribuem e até conspiram contra a perpetuação de uma população ou linhagem de organismos (cf. DAWKINS, 1999, p. 133 e ss.; WILLIAMS, 1998, p. 53 e ss.), como também pode ignorar estruturas que seriam benéficas para a perpetuação da população, mas não chegam a traduzir-se em êxito reprodutivo individual imediato e efetivo.

Assim, mesmo quando a seleção parental (*kin selection*) transcende certas limitações da seleção darwiniana *tout court,* o processo de projetar estruturas adaptativas que garantam um ajuste mínimo da população a seu meio vê-se seriamente comprometido e obstaculizado pelo fato de que a seleção natural só pode registrar o êxito reprodutivo de características individuais. Se os portadores de uma característica não gozam de maior êxito reprodutivo do que aqueles que carecem dela, a mesma nunca chegará a ser uma adaptação, por mais benéfica que ela possa resultar para a população como um todo (WILLIAMS, 1998, p. 43).

É preciso reconhecer então que, enquanto consideradas como sistemas intencionais, as populações são incapazes "de determinadas classes de condutas que, entretanto, estão vinculadas de modo indissociável à adaptação humana e à resolução de problemas" (ELSTER, 1992, p. 48). Em primeiro lugar, e ainda que a seleção natural pareça basear-se no perigoso e ingênuo argumento de que o futuro será sempre como o passado (DENNETT, 2000, p. 340), o certo é que as populações só têm registro do que funcionou até agora. Isto é, não podem "aprender com os erros passados, já que só o êxito se traz do passado", podendo-se dizer então que "em evolução não há nada que corresponda às falhas úteis da engenharia" (ELSTER, 1992, p. 48). Por outro lado, é também óbvio que as populações não podem "utilizar a classe de estratégias indiretas resumidas na frase *um passo para trás, dois para a frente*" (ELSTER, 1992, p.

48), nem podem tampouco recusar oportunidades ou benefícios agora para poder explorar outras oportunidades ou obter outros benefícios mais tarde (ELSTER, 1989, p. 23). Isto é, as populações não têm "capacidade para atuar em termos de futuro" (ELSTER, 1992, p. 48), e é aí, nessa incapacidade absoluta de previsão, nesse oportunismo imediatista, que está a sempre lembrada cegueira da seleção natural.

Logo, qualquer explicação relativa à retenção de uma estrutura numa população, por mais benéfica que essa estrutura resulte, terá que poder mostrar como é que sua utilidade pôde ser descoberta dentro do marco dessas limitações cognitivas. Este é o grande desafio das explicações selecionais (DAWKINS, 1999, p. 51). Isto é algo que acontece também no âmbito da retro-engenharia arqueológica: toda explicação relativa a como um determinado grupo ou indivíduo chegou a descobrir ou a projetar qualquer recurso tecnológico deverá assumir como limite os conhecimentos e as possibilidades desse grupo ou indivíduo. Por mais brilhante e adequada que possa parecer, a nossos conhecimentos atuais de ecologia, uma técnica de agricultura usada por uma cultura extinta, nossa explicação relativa à aquisição desta tecnologia por parte da referida cultura, deverá limitar-se aos conhecimentos que possamos pensar que estavam disponíveis para esta cultura.

Porém, podemos imaginar algo mais claro ainda: podemos, na realidade, imaginar o caso de um animal, um cachorro, por exemplo, cuja resposta diante de uma situação é tão ajustada e adequada que, em uma primeira aproximação, a mesma só parece explicável com base em capacidades cognitivas superiores, humanas. Contudo, por mais difícil que isso seja, qualquer tentativa de explicar, inclusive intencionalmente, o comportamento desse cachorro terá que considerar que existem operações cognitivas e informações sobre o mundo que são inacessíveis a esse animal. Do mesmo modo como não aceitaríamos como válida a explicação da adequação da resposta a uma situação dada por qualquer agente humano apelando para a sua possível percepção extrasensorial, tampouco aceitaríamos uma explicação do comportamento de um cachorro que lhe atribuísse a capacidade de adaptar seu comportamento individual a riscos futuros sobre os quais não tem nenhuma experiência passada. Porem, mesmo negando a um e a outro certa capacidade cognitiva, não significa que não os vejamos como agentes intencionais.

Em realidade, a recorrente insistência na cegueira, na miopia ou no oportunismo da seleção natural pode levar-nos a ignorar que nós mesmos, em qualquer momento de nossa existência, trabalhamos sem contar com informações que um outro pode possuir, e calculamos, ou pensamos, seguindo procedimentos perfectíveis e falíveis: todo sistema intencional pode ser comparado com outro sistema intencional, real ou imaginário, de nível superior

de modo que, com essa comparação, o primeiro apareça como cego, míope e oportunista. Se buscamos, como afirma Elster (1989, p. 35), ótimos globais em lugar de meramente locais, o fazemos sempre com base em dados e parâmetros limitados: nem quando assistidos pelo mais poderoso computador somos capazes de analisar e "simular todas as alternativas e todos os futuros possíveis" (cf. ELSTER, 1989, p. 35 e p. 66; DENNETT, 1991 p. 234). Nossa racionalidade é sempre uma racionalidade limitada ou imperfeita (WATKINS, 1974, p. 94; SIMON, 1996, p. 28; ELSTER, 1989, p. 66) e, nesse sentido, mais próxima da miopia ou da cegueira (DENNETT, 1996, p. 226) da seleção natural que da onisciência divina.

Na realidade, o fato de que a seleção natural tenha de ser pensada como um procedimento de descoberta, muito limitado e falível, constitui um argumento a favor da tese que defendemos aqui: qualquer estratégia de explicação do desempenho de um sistema intencional que apelasse a pressupostos que tornassem ininteligíveis seus erros ou falhas, seria uma teoria incompleta (WATKINS, 1974, p. 131-132). Porém, não é esse, obviamente, o caso do darwinismo: a teoria da seleção natural permite não somente entender o "predomínio dos bons projetos" (GOULD, 1991, p. 23), como também o fato de esses projetos não serem jamais perfeitos, permitindo inclusive explicar o fato de que este predomínio está longe de ser absoluto (CRONIN, 1991, p. 23). As populações, ensina-nos o darwinismo, são sistemas intencionais falíveis e de capacidades cognitivas limitadas. Isto é, são sistemas intencionais como quaisquer outros e por isso sua evolução pode ser pensada como um processo cognitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDON, R. "La téléologie dans les systemes à organisation naturelle". In FELTZ, B/ Crommelink, M./Goujon, Ph. 1999. (eds.). *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie.* Bruxelles: Ousia, 1999.

BRANDON, R. 1990. *Adaptation and Environment*. Princeton: Princeton University Press.

CAMPBELL, D. 1974: "Variación injustificada y retensión selectiva en los descubrimientos científicos". In AYALA, F. & DOBZHANSKY, T. 1983: *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*. Barcelona: Ariel, 1983.

CASTI, J. *Mundos virtuais*. Rio de Janeiro: Revan, 1998.

CRONIN, H. *The ant and the peacock*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

DARWIN, C. *On the origin of species*. London: Murria, 1859.

DAWKINS, R. *El gen egoísta*. Barcelona: Salvat, 1993.

DAWKINS, R. *God's utility function*. Phoenix: London, 1996b.

DAWKINS, R. *The blind watchmaker*. New York: Norton, 1996b.

DAWKINS, R. *The Extended Phenotype*: *the long reach of the gene* [with a new afterword by Daniel Dennett] Oxford: Oxford University Press, 1999.
DE CANDOLLE, A. "Géographie botanique". In LEBRAULT, F. (org.): *Dictionaire des sciences naturelles* (v. XXVIII). Paris: Le Normant, 1820.
DENNETT, D. 2000: "With a little help from my friends". In: ROSS, D.//Brook, A.// THOMPSON, D. (eds.) *Dennett's philosophy*. Cambridge: Bradford Books, 2000.
DENNETT, D. 1999: "Intentional Stance". In: WILSON, R. & KEIL, F. (eds.). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. Cambridge: MIT Press, 1999.
DENNETT, D. "Do animals have beliefs?". In: *Brainchildren*. Cambridge: MIT Press, 1998a.
DENNETT, D. "Cognitive Ethology: hunting for bargains or a wild goose chase". In: *Brainchildren*. Cambridge: MIT Press, 1998b.
DENNETT, D. *Tipos de mentes*. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.
DENNETT, D. *Darwin's dangerous idea*. London: Penguin, 1996.
DENNETT, D. *La libertad de acción* [*The elbow room*]. Barcelona: Gedisa, 1992.
DENNETT, D. *La actitud intencional*. Barcelona: Gedisa, 1991.
DENNETT, D. Condiciones de la cualidad de persona. *Cuadernos de Crítica,* México*,* n. 45, 1989.
DENNETT, D. Sistemas intencionales. *Cuadernos de Crítica*, México, n. 40, 1985a.
DENNETT, D. Mecanicismo y Responsabilidad. *Cuadernos de Crítica*, México, n. 42, 1985b.
DOBZHANSKY, T. 1974: "El azar y la creatividad de la evolución". In AYALA, F. & DOBZHANSKY, T. *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*. Barcelona: Ariel, 1983.
ELSTER, J. *Ulises y las sirenas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1989.
ELSTER, J. *El cambio tecnológico*. Barcelona: Gedisa, 1992.
EMMECHE, C. *The Garden in The Machine:* the emerging science of artificial life. Princeton: Princeton University Press, 1994.
EMMECHE, C. & EL-HANI, C. "Definindo a Vida". In EL-HANI, C. e VIDEIRA, A. (eds.) *O que é Vida*? Rio de Janeiro: Relume, 2000.
GAYON, J. "Épistémologie du concept de selection". *L'âge de la science* (2), p. 201-227, 1989.
GHISELIN, M. *El triunfo de Darwin*. Madrid: Cátedra, 1983[1969].
GHISELIN, M. *Methaphysics and the Origin of Species*. New York: SUNY Press, 1997.
GOULD, S. "Los grupos altruistas y los genes egoístas". In: *El pulgar del panda*. Barcelona: Blume, 1983.
GOULD, S. "Darwin y Paley tropiezan con la mano invisible". In *Ocho Cerditos*. Barcelona: Crítica, 1994.
GOULD, S. & LEWONTIN, R. "The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptacionist programme". Proc. of the Royal Society of London, ser. B., 205 [581-598], 1979.
GRIFFITHS, P. "Adaptation and adaptationism". In: WILSON, R. e KEIL, F. (eds.) *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Cambridge: MIT Press, 1999.

HARTMANN, S. “The World as a Process. Simulations in the Natural and Social Sciences”; In: Hegselmann, R.// Mueller, U.//Troitzsch, K. (eds.): *Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of science point of view*. Dordrecht: Kluwer, 1996.
HAYEK, L. “La competencia como procedimiento de descubrimiento”. In: L. Von Hayek *Nuevos Estudios*. Buenos Aires: Eudeba, 1981.
HELMREICH, S. “Virtuellement Dieu”. *Les Cahiers de Science & Vie* 53: *comment L'ordinateur transforme les sciences* [70-77], 1999.
HULL, D. “Individuality and Selection”. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 11[311-332], 1980.
HULL, D. “Historical entities and historical narratives”. In HOOKWAY, C. (ed.): *Minds, Machines & Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
JACOB, F. *El juego de lo posible*. Barcelona: Grijalbo, 1982.
JACOB, P. “Identité personelle et apprentissage”. *La Recherche* 344 (Spécial: La mémoire et L'oubli)[26-29], 2001.
LEWENS, T. “Adaptationism and Engineering”. *Biology & Philosophy* 17 [1-31], 2002.
LEWONTIN, R. 1979. “La adaptación”. In: *Evolución* [Libros de Investigación y Ciencia]. Barcelona: Labor, 1979.
LEWONTIN, R. *The Triple Helix*. Cambridge: Harvard University Press, 2000.
MATURANA, H. e VARELA, F. *De máquinas y seres vivos*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
MAYNARD SMITH, J. *Evolution and the theory of games*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
MAYNARD SMITH, J. *Acerca de la evolución*. Barcelona: Labor, 1979.
MAYR, E. *Toward a new philosophy of biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1988.
MAYR, E. *Una larga controversia:* Darwin y el darwinismo. Barcelona: Crítica, 1992.
MÉRÖ, L. *Les aléas de la raison*: de la théorie des jeux à la psychologie. Paris: Seuil, 2000.
MILLIKAN, R. “Reading Mother Nature's Mind”. In: ROSS, D.//BROOK, A.// THOMPSON, D. (eds.) *Dennett's Philosophy*. Cambridge: Bradford Books, 2000.
MUELLER, U. “Evolutionary Explanations from a Philosophy of Science point of view”. In: HEGSELMANN, R.// MUELLER, U.//TROITZSCH, K. (eds.): *Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of science point of view*. Dordrecht: Kluwer, 1996.
POPPER, K. 1974[1965]. “Sobre nubes y relojes”. In: *Conocimiento objetivo*. Madrid: Tecnos, 1974[1965].
POPPER, K. “Towards na evolutionary theory of Knowledge”; In: *A world of propensities*. Bristol: Thoemes Press, 1990.
RESNICK, D. “Adaptationism: hypothesis or heuristic?”. *Biology&Philosophy*, 12, p. 39-50, 1997.
RESNICK, M. *Turtles, termites, and traffic jams*. Cambridge: MIT Press, 1994.
SIMON, H. *The sciences of the artificial*. Cambridge: MIT Press, 1996.
SOBER, E. “Six sayings about adaptationism”. In HULL, D. & RUSE, M. [eds.]. *The philosophy of biology*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

STERELNY, K. e GRIFFITHS, P. *Sex and Death:* an introduction to philosophy of biology. Chicago: The Chicago University Press, 1999.
VON MISES, L. *Teoría e historia*. Madrid: Unión, 1975[1959].
VON MISES, L. *La acción humana.* Madrid: Unión, 1980[1966].
VON WRIGHT, H. *Explicación y comprensión*. Madrid: Alianza, 1980.
WATKINS, J. "Racionalidad Imperfecta". In: BORGER, R. e CIOFFI, F. (eds.): *La explicación en las ciencias de la conducta.* Madrid: Alianza, 1974.
WERNER, D. "Critérios para uma boa explcação evolucionista". In: *Sexo, Símbolo e Solidariedade* [Ensaios de Psicologia Evolucionista]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
WEST-EBERHARD, M. "Adaptation: current usages". In: HULL, D. e RUSE, M. (eds.): *The philosophy of biology*. Oxford: Oxford University Press, 1998.
WILLIAMS, G. *Adaptation and natural selection*. Princeton: Princeton University Press, 1996.
WILLIAMS, G. *Plan and purpose in nature*. London: Phoenix, 1997.
WILLIAMS, G. *O brilho do peixe-pônei* [e outras pistas para entender o plano e o objetivo da natureza]. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

TEORIAS E MODELOS EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES: UM EXEMPLO DO USO DO MÉTODO AXIOMÁTICO EM BIOLOGIA*

*João Carlos Marques Magalhães*** *Décio Krause****

RESUMO

A investigação de um domínio amplo da realidade, como a evolução dos seres vivos, pode dar origem a diferentes *"*teorias*"*, cada uma consoante com uma particular perspectiva que se considere. Para que se proceda a uma análise detalhada dos pressupostos e conceitos que baseiam uma determinada visão, o método axiomático parece ser a melhor das opções. Neste artigo, são discutidas algumas teorias da biologia evolutiva de um ponto de vista axiomático, mostrando-se de que forma se pode apresentar um *"*predicado de Suppes*"* para a teoria sintética da evolução, como detalhado em outro local (MAGALHÃES e KRAUSE, 2001). Esta formulação é utilizada, dentre outras coisas, para se discutir a noção de aptidão darwiniana, bem como para explorar as relações entre a teoria darwiniana da seleção natural e a genética de populações.
Palavras-chave: filosofia da biologia; epistemologia da biologia; teoria da evolução.

THEORIES AND MODELS IN POPULATION GENETICS: AN EXAMPLE OF THE USE OF THE AXIOMATIC METHOD IN BIOLOGY

The investigation of a wide field of knowledge, as evolution of living beings, may originate different *"*theories*"*, each one acting as a particular perspective we have about the domain. In order to proceed a philosophical analysis of the underlying assumptions of a particular view, it seems that the use of the axiomatic method is still the better way. Here, we discuss

---

* Dedicamos este artigo à memória do amigo e mestre Prof. Newton Freire-Maia (1918-2003) que, pelo exemplo e amizade demonstrada, muito influenciou ambos os autores.

** Professor Adjunto do Departamento de Genética, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, UFPR. *E-mail: jcmm@ufpr.br*

*** Professor Adjunto do Departamento de Filosofia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina. *E-mail: dkrause@cfh.ufsc.br*

some theories of evolutionary biology from an axiomatic point of view, by means of a Suppes predicate for the synthetic theory of evolution, already detailed in MAGALHÃES and KRAUSE (2001). This formulation is here used, among other things, to deal with the concept of Darwinian fitness, so as to explore the relationships between Darwinian theory and population genetics.
Key words: philosophy of biology; epistemology of biology; evolutionary theory.

INTRODUÇÃO

O campo do conhecimento que, usualmente, denomina-se *teoria da evolução*, tal como aparece nos livros acadêmicos, é um vasto domínio do conhecimento que tem múltiplas facetas, envolvendo um conjunto vasto de preceitos, explicações etc., que tratamos pelo que comumente chamamos de "teorias", as quais sumarizam os diferentes modos, ou perspectivas, pelos quais nos aproximamos desse domínio. Essas "teorias" têm em comum o seu objeto: as transformações dos seres vivos ao longo do tempo. As diferentes disciplinas evolutivas, como genética de populações, ecologia teórica, sistemática, biogeografia, morfologia e embriologia comparadas, compreendem exemplos do que podemos chamar de *teorias*, no sentido acima, e abordam essas transformações a partir de diferentes pontos de vista, métodos e objetivos. Cada uma delas, por sua vez, comporta, ou supõe, diversas outras "teorias", algumas de grande generalidade, outras mais específicas. Esses construtos, por sua vez, valem-se de recursos teóricos, que são utilizados para se investigar sistemas biológicos, tomados eles próprios como modelos (no sentido informal) da *teoria* considerada. Assim, para efeitos de maior precisão terminológica, talvez seja melhor dizer que as aproximações informais, feitas na linguagem usual, eventualmente suplementada com conceitos específicos da matemática, da física, da química e da biologia (e eventualmente de outras áreas), devam ser qualificadas como *teorias informais* (alguns preferem dizer *prototeorias* ou *quase-teorias*). As *teorias* propriamente ditas seriam as versões axiomáticas (ou formalizadas) desses construtos, nas quais se pode indicar de forma precisa quais são seus conceitos primitivos (se há algum), sua linguagem, sua lógica subjacente (se há uma), e assim por diante. No entanto, devido ao uso comum desses termos, continuaremos a chamar de *teoria* indistintamente a versão informal de um determinado campo do conhecimento, bem como a sua (na verdade, a uma de suas) abordagens axiomáticas ou formais. O contexto e o

bom senso permitirão que o leitor faça a devida distinção, de forma que não precisamos discorrer mais sobre questões de terminologia.

Admitindo então que temos uma teoria de certo domínio, como saber se algo é de fato um "modelo" dessa teoria? Como investigar as relações entre diferentes teorias, ou entre seus modelos, de modo a compreender a estrutura do pensamento evolutivo como um todo? Isso nos leva a considerar o sentido das palavras "teoria" e "modelo", tal como empregadas acima.

O estudo de um campo do conhecimento como o acima exemplificado, vasto e com contornos não bem definidos, admite então diferentes abordagens, podendo ser visto de diferentes perspectivas. Como resultado disso, dependendo dos pressupostos assumidos pelo cientista na elaboração de suas "teorias", e dependendo do que focalize, não se descarta que possam ocorrer elaborações teóricas as mais diversas acerca de certo domínio, que em particular podem estar baseadas em pressupostos bem diversos. Assim, pelo menos em princípio, pode-se supor que tais "teorias" de um determinado domínio do conhecimento podem ser até mesmo incompatíveis entre si, ou pelo menos serem de difícil integração. Um exemplo disto é a dificuldade de compreender as relações entre a genética clássica e a genética molecular, que tratam, por assim dizer, do mesmo assunto sob óticas (ou "perspectivas", no sentido em que estamos pretendendo empregar esse termo)[1] distintas. Diversas tentativas, por parte de filósofos da ciência, de proceder a redução teórica entre elas não resultaram em avanços significativos. Isto, no entanto não impede que conceitos de ambas sejam utilizados indistintamente no contexto informal, uma vez que a questão da redução de uma teoria a outra sempre envolve uma série de fatores, como por exemplo: a necessidade das teorias estarem formuladas adequadamente (digamos, axiomatizadas), e que se especifique precisamente o que quer dizer "redução", dentre outras coisas. Talvez essa "redução" seja meramente uma utopia, e devamos aceitar uma visão pluralista da ciência, como por exemplo, a de que um campo vasto do conhecimento, como a evolução, admite várias abordagens que não necessariamente precisam ser compatibilizadas. Esse ponto, no entanto, não será explorado neste artigo (ver COSTA *et al*., a aparecer, inclusive para fixação da terminologia).

Por questões como essas é que a informalidade torna-se algo bastante característico das disciplinas das ciências empíricas; alguém que pretendesse raciocinar de modo rigoroso, procurando encadear raciocínios, procurando definições precisas dos conceitos a serem utilizados etc., e que pela primeira

[1] Tomado de Ortega y Gasset, ainda que ele empregue o termo de modo distinto: "o ser definitivo do mundo não é matéria nem alma, não é coisa alguma determinada, mas uma perspectiva" (citado por MARIAS, Julián. *História da filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 2004, p. 501).

vez tivesse contato com textos de biologia, ficaria espantado tanto com a riqueza empírica dessa área quanto com a quantidade de contradições, lacunas e imprecisões que encontraria na apresentação usual das suas teorias. Como dito, esse quadro não é uma característica exclusiva da biologia, sendo o que normalmente se observa nos mais diversos ramos das ciências empíricas e humanas.

As teorias das ciências naturais são via de regra formuladas originalmente de modo informal, em grande medida a partir da *intuição* dos cientistas, além de suas experiências e conhecimentos anteriores, isto é, do modo como eles concebem a natureza e o próprio trabalho científico. O objetivo principal parece ser, pelo menos em princípio, o de resolver problemas, completar lacunas e explorar novos horizontes, visando a ampliar as fronteiras do conhecimento. Dito, de modo simplificado, bastaria que as teorias funcionassem, dentro dos limites para os quais foram propostas. A preocupação com o rigor formal raramente é importante na etapa de "desbravamento", e talvez seja mesmo desaconselhável, exceto se estiver confinado a certas áreas da matemática ou da lógica.

Em um outro pólo, igualmente importante, está o trabalho metateórico, isto é, na análise das próprias teorias. Não estamos falando, entretanto, do campo tipicamente filosófico de considerações metafísicas gerais acerca do conhecimento científico. Trata-se aqui da investigação das bases conceituais, lógicas e metodológicas em que se assentam teorias científicas particulares, inclusive teorias da biologia. Esse é um campo de interesse tanto do filósofo quanto do cientista teórico, podendo eventualmente apresentar conseqüências importantes para a atividade experimental. Isto pode ocorrer quando o próprio avanço do conhecimento faz com que aumente a confusão conceitual, levando alguns teóricos a proporem novas formas de organizar este conhecimento.

Esta investigação nos remete a questões filosóficas sobre a *concepção de ciência* que adotamos e a questões metodológicas acerca do modo como iremos conduzir o estudo das teorias que tomamos por objeto. Responder à pergunta "O que é a teoria evolutiva hoje?" não é tarefa simples, pois depende de escolhas. Diferentes autores podem apresentar as mais diversas abordagens (ou perspectivas) ao problema, que fica assim eivado de subjetividade.

Neste artigo, iremos examinar alguns aspectos metateóricos acerca da genética de populações, em particular sua relação com a teoria darwiniana da seleção natural, com a única pretensão de apontar como a análise lógica e estrutural pode contribuir para o esclarecimento de alguns dos conceitos e métodos utilizados pelos cientistas da área, em particular o conceito de "aptidão darwiniana" (*fitness*). Desse modo, nossa contribuição visa a auxiliar a entender em que medida o método axiomático pode ser útil mesmo para o cientista

"aplicado". Antes, porém, é conveniente situarmos nossa abordagem dentro do amplo campo da filosofia da ciência.

DUAS CONCEPÇÕES ACERCA DA AXIOMATIZAÇÃO DAS TEORIAS CIENTÍFICAS

Segundo a visão tradicional das teorias da ciência, também chamada concepção herdada (*received view*), uma teoria é, falando por alto, um cálculo axiomático ao qual é dada uma interpretação observacional parcial por meio das chamadas regras de correspondência, ou seja, uma teoria é uma entidade lógico-lingüística.[2] Se fôssemos explicitar a lógica subjacente a uma dada teoria sob esta ótica, via de regra ela seria a lógica usual de primeira ordem (SUPPES, 1977).

A maioria dos filósofos da ciência não aceita mais a concepção esboçada acima por razões que vão desde as limitações que estabelece em face da restrição desejada de se ficar unicamente em nível de lógica de primeira ordem, quando a maioria das teorias científicas requer mais do que isso, seja simplesmente porque outras e melhores alternativas surgiram (cf. SUPPES, 1977). Isto se aplica em particular à distinção apregoada pela *Received View* entre *termos teóricos* e *termos observacionais*, que parece não ter mais sentido hoje em dia, assim como a grande dificuldade que há em se precisar, no sentido da moderna teoria dos modelos, em que consistem as essenciais "regras de correspondência". Como foi salientado por Suppes (1967), essas regras não estabelecem semântica sensata (do ponto de vista da teoria dos modelos) para o formalismo criado.

Segundo Suppes (1975) e outros, a questão fica mais bem colocada quando se pensa não em termos da descrição sintática das teorias, mas em termos de seus *modelos*. Dito de modo breve, uma teoria é então identificada com a classe de seus modelos.

Na concepção tradicional, para reconhecermos se algo é modelo de uma teoria científica, tal teoria deve primeiramente receber uma formulação lógico-lingüística particular. Nesse caso, um modelo é um conjunto de objetos e relações que satisfaz os axiomas de tal teoria. Ainda de acordo com Suppes (1975), esta abordagem não é prática e nem suficiente para caracterização das teorias científicas contemporâneas, as quais seriam dinâmicas e complexas

---

[2] Uma excelente exposição dessa abordagem encontra-se em Suppes, 1977. Ver também da COSTA e FRENCH, 2003, Cap. 2.

demais para serem formalizadas de acordo com regras tão estritas. Observe-se que no contexto científico informal, o termo modelo é utilizado para designar a representação de um sistema por outro, supostamente similar. Isto é, o conceito é utilizado de modo muito menos rigoroso, necessitando-se, portanto, métodos apropriados, tanto para caracterizar uma classe de modelos (isto é, a própria *teoria*) quanto para saber se um sistema qualquer pertence ou não a tal classe (isto é, se é modelo da teoria em questão).

A ênfase na noção de modelo caracteriza a *concepção semântica* das teorias científicas. Essa vertente filosófica, de grande importância na filosofia da ciência atual, comporta diversas abordagens quanto aos procedimentos para caracterizar a classe de modelos a que se refere uma teoria particular, como a vertente devida a Van Fraassen (1980).

A concepção semântica também permite a investigação de relações interteóricas. Sejam essas relações do tipo redução, substituição ou outras, são relações entre classes de modelos, sendo passíveis de serem estudadas objetivamente, desde que estas classes de modelos estejam bem caracterizadas, o que se pode fazer por meio da explicitação do seu *"*predicado de Suppes*"*, que *grosso modo* trata-se de uma fórmula da linguagem da teoria de conjuntos que resume a contraparte axiomática da teoria considerada (para uma introdução, ver KRAUSE, 2002, ver também da COSTA, 1999 e, para mais detalhes, da COSTA e FRENCH, 2003).

Como exemplo de teoria axiomatizada desta maneira, pensemos na *"*teoria da paternidade humana*"* (SUPPES, 1977). A teoria fundamenta-se sobre a hipótese de que há um conjunto S cujos elementos são chamados de seres humanos, um subconjunto V de S, dos seres humanos vivos no momento, de um subconjunto H de S dos seres humanos masculinos e uma relação binária P de paternidade, isto é, escrevemos xPy para dizer que x é pai de y. Temos, então, a seguinte definição:

Definição: Uma estrutura $U = <S, V, H, P>$ é uma estrutura de paternidade humana se e somente se, para cada x, y, z em S, as seguintes condições sejam satisfeitas:

Axioma 1. Se xPy, então não se tem yPx.

Axioma 2. Se x pertence a V, então há um único y tal que y pertence a H e yPx.

Axioma 3. Se x pertence a V, então há um único z tal que z não pertence a H e zPx.

O "predicado de Suppes" correspondente pode ser assim escrito informalmente (no entanto, a fórmula correspondente na linguagem da teoria de conjuntos pode ser facilmente explicitada), onde $\wedge$ denota a conjunção, e as variáveis x, y e z percorrem S:

$U(X) \leftrightarrow \exists S \exists V \exists H \exists P(X = \langle S, V, H, P \rangle \wedge S$ é um conjunto não vazio $\wedge\ V$ é um sub-conjunto de $S \wedge H$ é um sub-conjunto de $S \wedge P$ é uma relação binária sobre $S \wedge \forall x \forall y \forall z$ (se xPy, então não se tem $yPx \wedge$ se x pertence a V, então há um único y tal que y pertence a H e $yPx \wedge$ se x pertence a V, então há um único z tal que z não pertence a H e zPx)).

Os *X* que satisfazem o predicado *U* são as possíveis realizações (modelos) da teoria. Assim, dar o predicado *U* corresponde a caracterizar o que seriam os "modelos" da teoria da paternidade humana (as estruturas que verificam *U*).

As vantagens dessa abordagem, bem como de algumas de suas variantes, têm sido bastante propagadas (ver DA COSTA e FRENCH, 2003), mas não iremos discutir em maior profundidade os detalhes desse assunto. Basta-nos salientar que alguns esforços de se estudar sob este prisma as teorias biológicas têm sido feitos, por exemplo, em Lloyd (1984; 1988; 1994), Thompson (1983; 1987) entre outros, que seguem a variante devida a van Fraassen. De outro lado, há os trabalhos da escola estruturalista, da qual não nos ocuparemos aqui apesar de sua importância na investigação das relações históricas e interteóricas (um panorama atual sobre o assunto pode ser encontrado em DIEZ e LORENZANO, 2002). Salientamos apenas que a concepção semântica inspirou também o sistema apresentado pelos autores deste artigo (MAGALHÃES e KRAUSE, 2001) para a teoria sintética da evolução.

GENÉTICA E SELEÇÃO NATURAL

A teoria da seleção natural de Darwin e Wallace[3] forneceu, entre outras coisas, uma explicação para as transformações dos seres vivos ao longo do tempo e para a origem das adaptações biológicas. Essa teoria é reconhecidamente uma das principais fontes do moderno pensamento biológico. Sua aceitação, entretanto, foi problemática. Ao final do século XIX, a evolução dos seres vivos já era aceita pela maioria dos cientistas. A teoria da seleção natural, entretanto, era apenas uma das várias explicações existentes para o processo evolutivo, sendo que por volta de 1900, existiam várias teorias alternativas (ver, p. ex., BOWLER, 1985), o que exemplifica o *perspectivismo*, no sentido em que estamos usando esta palavra.

[3] Como é bem conhecido, a teoria da seleção natural apareceu oficialmente em 1858 (comunicação conjunta de Darwin e Wallace); e a primeira edição do livro "A origem das espécies", de Darwin, em 1859.

Um conceito-chave nessa teoria é o conceito de *aptidão* (*fitness*), que pode ser caracterizado como *uma propriedade do organismo* que determinaria as suas chances de sobrevivência e reprodução. Essa propriedade seria resultante do conjunto de características biológicas do organismo e das características do ambiente em que vive. Para que a teoria funcione, entre outras coisas, as características do organismo que determinam a sua aptidão deveriam ser hereditárias, ao menos parcialmente. Resumindo: para que ocorra um processo evolutivo por seleção natural, é necessário que exista variação fenotípica, que esta variação seja hereditária e que algumas formas sejam mais eficientes que outras em termos de sobrevivência e reprodução em um dado ambiente.

Uma vez que a aptidão darwiniana de um organismo só é conhecida *a posteriori*, após esse organismo ter sobrevivido e reproduzido, existiria certa circularidade no raciocínio. Assim, o princípio da seleção natural não teria grande poder explicativo, ou de previsão, e não seria, portanto, uma genuína lei científica.[4] Essa tem sido uma das principais críticas ao paradigma darwiniano desde o século XIX, e ainda causa polêmica (cf. p. ex. CHAUVIN, 1997).

Darwin não apresentou uma teoria da herança em "A Origem das Espécies", mas fez isto em uma obra posterior: "A variação de animais e plantas sob domesticação" (cf. CASTAÑEDA, 1992). Esta teoria não resistiu às evidências empíricas. Embora o processo da seleção natural possa funcionar mesmo sem uma teoria específica de herança (WILLIAMS, 1970), essa lacuna foi um dos vários motivos que tornaram problemática a aceitação da teoria da seleção natural.

No início do século XX, os primeiros geneticistas demoraram a aderir ao paradigma evolutivo e, quando o fizeram, criaram uma nova teoria. O desenvolvimento da genética, especialmente da genética de populações, a melhor compreensão do mecanismo das mutações e os primeiros estudos sobre a variabilidade presente nas populações, permitiram o desenvolvimento da chamada "teoria sintética" ou "neodarwinismo" que viria a integrar também os outros ramos da biologia. Essa teoria, com importantes modificações, é ainda a visão predominante. Em genética de populações, entretanto, o conceito de *aptidão* passou a ser aplicado a *genótipos*, em vez de *organismos*, gerando uma série de questões ainda mal compreendidas.

[4] Esta crítica aparece em um texto de 1957 de Popper, "A miséria do historicismo" (POPPER, 1980), embora o autor tenha reconsiderado a questão posteriormente (POPPER, 1975).

Para investigarmos a relação entre a genética e a seleção natural, devemos compreender claramente a relação entre a noção darwiniana de aptidão de organismos e a noção de aptidão de genótipos (ou valor adaptativos de genótipos). Para esse tipo de análise, o método axiomático presta-se exemplarmente. Abordaremos essa questão a partir uma axiomatização, na forma de um predicado de Suppes, para a teoria em questão (baseada em MAGALHÃES e KRAUSE, 2001). Antes, porém, é necessária uma palavra acerca do importante trabalho de Williams (1970) sobre a axiomatização da teoria da seleção natural.

A ABORDAGEM AXIOMÁTICA DA TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL

A apresentação usual da teoria de Darwin, informal e intuitiva, por mais aprofundada que seja, não permite uma apreciação clara e objetiva dos problemas conceituais e metodológicos existentes. A análise lógica pode contribuir para o esclarecimento de tais questões. O sistema axiomático para a teoria da seleção natural de Darwin, proposto por Mary Williams em 1970 (WILLIAMS, 1970), ainda é o esforço mais conseqüente nesse sentido (ver comentários em ROSEMBERG, 1985 e MOYA, 1989). Apesar de não se poder afirmar que corresponda exatamente às idéias de Darwin, o trabalho facilita uma apreciação dos pressupostos e conseqüências da teoria darwiniana.

O sistema parte de quatro conceitos primitivos (não definidos no sistema) e de sete axiomas (que regem o funcionamento dos conceitos primitivos). A partir disso, a autora define os outros conceitos da teoria e deduz algumas das suas conseqüências. O sistema é bastante complexo, e aqui faremos apenas uma exposição breve e informal de seus principais elementos. Os conceitos primitivos são:

1. entidade biológica – elementos de certo conjunto *B* que pode ser interpretado (nos diferentes modelos da teoria) como o conjunto dos genes, cromossomos, células, organismos, populações ou espécies;

2. a relação $\nearrow$ – uma relação binária sobre *B*. Intuitivamente, se x_1 e x_2 são entidades biológicas, $x_1 \nearrow x_2$ significa que x_1 é pai ou mãe (ancestral imediato) de x_2.

Por definição, essa relação é generalizada para a relação de *ancestralidade*, permitindo falar em *linha de descendência* (e de ascendência) e em número de *gerações*.

Um conjunto de entidades biológicas e de seus descendentes, organizado pela relação ↗, é por definição chamado *clã*.[5] Um *subclã* é um clã que pertence outro clã, isto é todos os seus elementos também pertencem a um clã maior (do qual é subclã). Todas as entidades biológicas podem pertencer a um ou mais clãs ou subclãs. Na Figura 1 estão ilustradas estas idéias: os círculos representam entidades biológicas, as linhas indicam as relações de ancestralidade entre elas (os ancestrais acima, os descendentes embaixo), as diferentes tonalidades dos círculos indicam os subclãs.

3. φ aptidão (*fitness*) – Uma função de B no conjunto dos números reais positivos. Intuitivamente, é uma propriedade das entidades biológicas que indica seu potencial para deixar descendente;

Observação: o conceito de aptidão é estendido a *clãs* e *subclãs*.

4. subclã darwiniano – este é um conceito mais abstrato e portanto difícil de apresentar de modo intuitivo. Falando por alto, um *subclã darwiniano* denota um subclã que age como unidade com respeito à seleção e pode ser interpretado como uma população ou como uma espécie, por exemplo.

Considere um subclã C_1 de um subclã darwiniano C; se os elementos de C_1 apresentam maior aptidão em relação aos outros elementos de C, então C_1 entrará em expansão relativa, podendo vir a se fixar em C (quando, a partir de certa geração, todos os elementos de C também pertencerem a C_1). Na Figura 1 isso está representado pelo predomínio dos círculos escuros na última linha (geração).

Embora seja tomada como um conceito primitivo, Williams propõe uma *definição operacional* para *aptidão*. A aptidão operacional de uma entidade biológica poderia ser estimada a partir do número de descendentes produzidos por cada ancestral daquela entidade, devidamente ponderado pelo número de gerações entre o ancestral e a entidade considerada (cf. WILLIAMS, 1970).

Assim como em Darwin, o sistema de Williams pressupõe que a aptidão é influenciada pela herança mas não preconiza nenhuma teoria genética. Esse fato tem sido visto ora como um defeito, ora como uma vantagem do sistema (MOYA, 1989).

Diversos sistemas axiomáticos foram propostos para as teorias da genética, mas não iremos rever esse assunto no presente contexto (para indicações bibliográficas, veja-se ZANARDO e RIZZOTTI, 1986; RIZZOTTI e ZANARDO, 1986; LORENZANO, 1998; 2002; MAGALHÃES, 1998). A fim de investigar a teoria sintética, foi necessário construir um novo sistema

[5] Esse termo também poderia ser traduzido livremente como *linhagem*.

integrando os conceitos de Williams com conceitos da genética (MAGALHÃES e KRAUSE, 2001). Esse sistema será apresentado resumidamente a seguir.

TEORIA SINTÉTICA

Abaixo, estão expostos alguns elementos de um “predicado de Suppes” para a teoria sintética da evolução. Essa reconstrução lógica de parte da teoria informal foi apresentada originalmente em outro trabalho (MAGALHÃES e KRAUSE, 2001). O sistema foi desenvolvido a partir de sete conceitos primitivos e de nove axiomas. Alguns desses conceitos e axiomas correspondem aos de Williams (1970) outros foram introduzidos para permitir operarmos com elementos da genética. No presente artigo, o sistema mencionado é utilizado como um *case study* para enfatizarmos o uso e importância do método axiomático em biologia.

No que segue, iremos destacar apenas alguns aspectos do trabalho com a finalidade de discutir os conceitos evolutivos de *aptidão* e *valor adaptativo*, assim como as relações entre a teoria de Darwin e a teoria genética. Desse modo, o sistema está sendo utilizado para investigar aspectos dos fundamentos da teoria informal. Para detalhes, sugerimos a consulta ao artigo original.

Uma *STE* é uma estrutura da forma $STE = \langle B, G, \equiv, =_{loc}, \nearrow_m, E, \varphi \rangle$, onde:

1. *B* é um conjunto finito cujos elementos são chamados *entidades biológicas;*

2. *G* é um subconjunto não-vazio de *B*, cujos elementos são chamados de *genes;*

3. $\equiv$ é uma relação de equivalência sobre *G* (indistinguibilidade genética);

4. $=_{loc}$ (identidade de loco) é igualmente uma relação de equivalência sobre *G*;

5. $\nearrow_m$ denota, para cada número natural *m* não nulo, uma relação binária sobre *B,* de modo semelhante à relação $\nearrow$ de Williams, porém generalizada para *m* gerações.

6. *E* é um conjunto não vazio cujos elementos são chamados *fatores ambientais*;

7. φ é uma função de *B* no conjunto dos reais positivos. Para cada *x* em *B,* $\varphi(x)$ indica a aptidão de *x* (este conceito é semelhante ao de Williams).

São sete os axiomas da teoria (por simplicidade, não mencionaremos os correspondentes postulados que qualificam as relações indicadas nos itens 3 e

4 como relações de equivalência). Os três primeiros procuram captar as propriedades intuitivas da reprodução.

Sendo x e y entidades biológicas e m e n números naturais positivos:

Axioma 1: $\forall x \forall m\, (\neg(x \nearrow_{m} x))$
Axioma 2: $\forall x \forall y \forall m \forall n\, (x \nearrow_{m} y \rightarrow \neg\, (y \nearrow_{n} x))$
Axioma 3: $\forall x \forall y \forall z \forall m \forall n\, (x \nearrow_{m} y \wedge y \nearrow_{n} z \rightarrow x \nearrow_{m+n} z\,)$

É fácil perceber o sentido intuitivo desses axiomas: (A1) diz que nenhuma entidade biológica é ancestral ou descendente de si própria (o que, evidentemente, limita os possíveis modelos da teoria – isso obviamente poderia ser modificado se olhássemos a evolução de outra perspectiva); (A2) diz que nenhuma entidade biológica é ancestral de algum de seus ancestrais; (A3) também tem um sentido óbvio, indicando a transitividade da relação de ancestralidade, ilustrada aqui por um exemplo de interpretação: "se João é pai de Pedro e Pedro é avô de José, então João é bisavô de José".

Axioma 4: $\forall x \forall y\, (x \in G \wedge y \in G \wedge x \equiv y \rightarrow x =_{loc} y)$

Em palavras, genes indistinguíveis sempre pertencem ao mesmo loco. Como a recíproca não é postulada, genes pertencentes a um mesmo locus podem não ser indistinguíveis. Isso permite definir e lidar com diversos conceitos da genética clássica, tais como *alelo*, *mutação* e *genótipo*. Observe-se que o conceito de indistinguibilidade genética, aplicado a genes, pode ser estendido a genótipos.

A partir do conceito de genótipo e considerando o conjunto E, dos fatores ambientais, é possível definir *fenótipo*, *cromossomo* e *genoma*, bem como outras noções relacionadas, como certos conjuntos de genes, devidamente caracterizados por propriedades adequadas.

Tudo isto permite definir o conceito de *organismo,* trata-se de uma estrutura da forma $o = \langle G_o, E_o, F_o, R_o \rangle$, e então é visto na teoria como uma coleção de genótipos, fatores ambientais, fenótipos e um conjunto R de relações entre esses elementos (os sub-índices indicam relativização ao particular organismo considerado). O conjunto R indica a difícil noção de *estrutura* do organismo, uma vez que um organismo é muito mais que um conjunto de genótipos, fatores ambientais e fenótipos.

Observe-se que esta definição de "organismo" apenas indica certa classe de entidades da teoria, ou melhor, procura caracterizar uma classe de objetos que apresentam certas propriedades de modo a funcionar como "organismos" no interior da teoria. Obviamente, isto não dá conta de tudo o que nossa intuição diz que seja um organismo, e nem capta o conceito de organismo no contexto teórico de outras disciplinas biológicas, como a fisiologia por exemplo (ver

discussão em MAGALHÃES e KRAUSE, 2001; ver também KRAUSE, 2002). Para aproximar essas outras perspectivas, precisaríamos modificar a axiomática (o que conseqüentemente alteraria a classe dos seus modelos – se supusermos que a axiomática resultante não é equivalente à dada).

Axioma 5: se $O = \{o_1,..., o_n\}$ é um conjunto de organismos, então $O \subseteq B$.

Este axioma simplesmente afirma que os organismos são entidades biológicas, valendo para eles, portanto, os axiomas (1), (2) e (3).

As propriedades de reprodução dos organismos podem ser estudadas mediante as definições de organismos haplóides e diplóides, gametas etc. Do mesmo modo, introduz-se a noção de *espécie*, como sendo certos conjuntos de organismos caracterizados pelos seus genomas. Observe que todas essas definições são obtidas a partir dos elementos primitivos da axiomática ou de outros conceitos definidos a partir deles (cf. MAGALHÃES e KRAUSE, 2001).

Deve-se considerar neste momento que a maneira com que o sistema foi construído, via predicado de Suppes, utilizou a teoria informal de conjuntos (falamos em *"*relações*"*, *"*funções*"*, *"*números naturais*"*, etc.). Isso significa que toda a matemática informal está ao nosso dispor, o que aliás caracteriza a vantagem do que Suppes realizou, em contraposição à *Received View*, e permite introduzir conceitos de outras teorias, tais como os axiomas da teoria de probabilidades. A partir desses axiomas, e considerando certos grupos de organismos (diplóides e de reprodução cruzada), podemos, mediante a imposição de um axioma adicional, deduzir o princípio mendeliano da segregação monofatorial (MAGALHÃES e KRAUSE, 2001). A partir daí, é possível reconstruir partes da genética clássica. Para o estudo de outras partes desta ciência, será necessário introduzir outros elementos, por exemplo outro axioma especial que permita lidar com a noção de "ligação" gênica. Isto ainda não foi feito por não ser necessário para os fins que nos propomos, mas como o leitor pode notar, pode ser abordado da mesma maneira que os desenvolvimentos anteriores.

Para integrarmos a teoria genética e a teoria da seleção natural, necessitamos introduzir o conceito de *clã*, definido de modo semelhante ao que fez Williams (ver acima), e o conceito de *ambiente externo*, introduzido por definição a partir dos elementos do conjunto *E*. Intuitivamente, a definição de ambiente externo diz que existem certos intervalos de números reais associados a elementos do conjunto *E*, que indicam as condições do ambiente onde "vivem" os organismos. Assim, um desses intervalos poderia representar a temperatura, outro a umidade, outro a altitude, outro a pressão etc.

A noção de ambiente externo permite definir *população*, que intuitivamente será um conjunto de organismos de mesma espécie que partilham um ambiente comum.

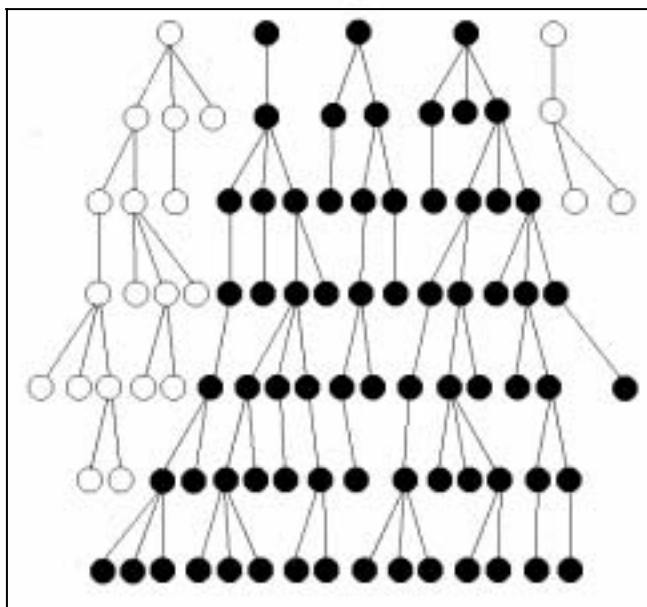



Figura 1 – Clã e subclãs.

Na Figura 1, os círculos seriam organismos e o ambiente externo está representado pelo grande retângulo que os contém; apenas os “organismos” representados em seu interior pertencem à população. Para não tornar a figura muito complexa, não foi representada a reprodução sexuada, mas isto não muda a sua interpretação (ou a classe de seus modelos).

Axioma 6: assevera que para cada organismo *o* existe um número real e positivo $\varphi(o)$, chamado aptidão de *o*.

Este axioma é devidamente estendido a certos clãs, e isto é representado por $\phi(C)$ (cf. MAGALHÃES e KRAUSE, 2001).

Facilmente se pode construir uma coleção de organismos que represente uma população onde todos os seus elementos pertençam a um clã ($P \subseteq C$).

No próximo axioma, P_k. representa o conjunto dos elementos de P (como acima, $P \subseteq C$), até a geração *k*.

Axioma 7: Para cada população P_k, existe um número natural K tal que se $|P_k| > K$, então $\phi(P_{k+1}) < \phi(P_k)$, onde $|P_k|$ é o cardinal de P_k.

Isso indica que se o número de indivíduos pertencentes à P_k for maior que K, então a aptidão média da população irá diminuir. Note-se que K estabelece restrições ao crescimento do número de indivíduos de uma população em certo ambiente externo.

Supondo que dentro do clã C temos dois subclãs tais que $C^1 \subseteq C$ e $C^2 = C - C^1$, então podemos tomar a união dos elementos de C^1 e a união dos elementos de C^2 que pertencem à P_k, chamando-os respectivamente de A_k e B_k (o uso dessas operações mostra claramente a vantagem de se usar a teoria de conjuntos). Neste caso, temos:

Axioma 8: se $\phi(C^1) > \phi(C^2)$, então existe n, tal que: $\dfrac{|A_k|}{|B_k|} < \dfrac{|A_{k+n}|}{|B_{k+n}|}$

Como decorrência desse axioma, quando $\phi(C^1) > \phi(C^2)$, notamos que estará aumentado a proporção de indivíduos pertencentes ao subclã C^1 em P, à medida que passam as gerações. Se esta diferença persistir, haverá uma geração em que todos os indivíduos de P pertencerão a C^1 (como conseqüência dos axiomas 7 e 8). Esse é o último axioma que apresentaremos aqui e é também a principal contribuição da teoria para a discussão que nos propomos a seguir, pois permite relacionar os elementos da genética à teoria de Williams.

Intuitivamente, se C^1 e for um subclã de organismos formado a partir dos genótipos que os compõem (isto é, composto pelos organismos que contêm um genótipo de certa classe), e havendo diferença entre o valor adaptativo dos genótipos desta classe e o dos genótipos dos organismos de C^2, então as mudanças nas proporções de C^1 e C^2 irão provocar alterações nas freqüências alélicas (e genotípicas) na geração seguinte.

É importante notar que em se tratando de populações de organismos diplóides e de reprodução sexuada, o n do axioma 8 será igual a um, isto porque ocorrerá segregação gênica na gametogênese e formação de novos genótipos na geração seguinte. Dizendo de outro modo, o clã formado por indivíduos com certo genótipo deve ser desconsiderado a partir da geração $t+1$, quando os descendentes poderão ter genótipos diferentes da geração paterna. Desse modo, pode-se estimar a contribuição média dos indivíduos que possuem tal genótipo para a formação da próxima geração da população. Considerando todos os genótipos possíveis de certo *locus*, as freqüências genotípicas e alélicas da próxima geração serão determinadas, até certo ponto, pelas aptidões médias dos organismos de cada um dos tipos de genótipo.

Observe-se também que não há necessariamente uma relação de causa e efeito, do genótipo para o fenótipo, isto é, os genótipos não têm necessariamente que ser responsáveis pela maior aptidão do subclã (embora isto possa ocorrer); basta que haja uma associação entre certos genótipos e os organismos de C^1, na geração t, para que mudem as freqüências genotípicas e alélicas em $t+1$. O contrário, entretanto, deverá ocorrer: se os organismos em C^1 se diferenciam dos de C^2 quanto ao genótipo, então haverá alteração nas freqüências alélicas na próxima geração, na condição de que $\phi(C^1) > \phi(C^2)$.

MODELOS E GENÉTICA DE POPULAÇÕES

Iremos considerar agora uma interpretação do sistema *STE* em termos de *genética de populações*. Dito sem muito rigor, um modelo de uma axiomática como a acima é uma estrutura conjuntista composta de conjuntos e de relações que satisfazem os postulados dessa axiomática, fornecendo a contraparte semântica para a mesma (ver acima; ver também discussão geral em KRAUSE, 2002). Em genética, o termo "modelo" é usado informalmente, como sendo uma representação matemática de certos aspectos de um sistema biológico real.[6]

Para construirmos os "modelos" matemáticos da genética de populações de nosso sistema, é necessário impormos algumas condições adicionais, de modo a explorarmos o significado biológico pretendido (por exemplo, podemos introduzir convenientemente no sistema uma população de organismos diplóides, com reprodução sexuada, etc.). Essas definições adicionais impõem novos axiomas e restrições, que na verdade vão constituir novas teorias, de campo de aplicação mais restrito, caso os conceitos novos não sejam meras definições por abreviação dos conceitos já presentes, o que não alteraria os teoremas da teoria, nem seus modelos.

Seguindo esse percurso, é possível derivar a "lei" de Hardy e Weinberg, como apontado em MAGALHÃES e KRAUSE (2001). Essa lei, aplicável a populações de organismos diplóides de reprodução sexuada, é de grande importância em genética de populações. Segundo a mesma, observadas certas condições, as freqüências dos alelos e dos genótipos tendem a permanecer constantes e em equilíbrio probabilístico ao longo das gerações de uma população.

Um aspecto importante a ser considerado é o fato de que as populações reais são finitas e, portanto, a dinâmica da transmissão dos genes entre gerações é afetada por fenômenos estocásticos, gerando o que se costuma chamar de "deriva genética" (definida informalmente como flutuações aleatórias nas freqüências alélicas ao longo das gerações de uma população).[7]

Para uma análise mais detalhada, devemos considerar ainda todos os demais fatores que influem na dinâmica da variação biológica no interior das

---

[6] Apesar de sustentado por Suppes que todas as acepções usuais do termo *"modelo"* reduzem-se a uma só, isso é discutível. Ver SUPPES, 2002.

[7] Convém lembrar que grande parte da variação genética observada nas populações naturais ocorre simplesmente pela ação da mutação e da deriva genética, tendo pouca relação com a seleção natural. Esse fato, observado especialmente em nível molecular, é de grande importância na genética moderna.

populações, isto é, todos os fatores biológicos ou ambientais que influem nos tipos de cruzamentos, afastando-os da panmixia (uma das condições do equilíbrio), e dos fatores que alteram as freqüências dos alelos ao longo das gerações: mutação, migração e seleção natural (além da deriva genética). A compreensão desses mecanismos e de seus efeitos requer a elaboração e uso de teorias matemáticas adicionais sofisticadas. Quando se consideram as ações simultâneas e interações entre esses fenômenos, essas teorias matemáticas podem adquirir um nível muito grande de complexidade.

Ao que parece, entretanto, os modelos obtidos mesmo com a introdução dessa sofisticação adicional obedecem aos axiomas mais gerais de *STE*, e podem ser levados em conta no sistema, ainda que com o cuidado de sempre considerarmos cada situação particular. Por exemplo, se quisermos estudar os efeitos de cruzamentos preferenciais sobre a composição genética da população, deveremos trabalhar com modelos que descrevam essa situação, de modo a permitir a estimativa da sua influência sobre as freqüências alélicas e genotípicas. Isto pode ser feito introduzindo uma condição adicional (regras de cruzamento). Obtém-se assim uma classe mais restrita de modelos da teoria resultante (quanto mais conceitos e axiomas adotarmos, mais restrições teremos na aplicação da teoria).

Pode-se afirmar, portanto, que mediante a introdução de novos conceitos e axiomas, temos diversas teorias subordinadas a uma teoria de caráter mais amplo, desde que os modelos de uma destas teorias particulares também obedeçam aos pressupostos das teorias mais abrangentes (sejam sub-modelos daqueles). Isto está de acordo com a chamada "concepção dinâmica multinível" de TUOMI (1981), que vê a evolução como um conjunto de teorias e "subteorias", interconectados em diferentes níveis de abstração, e é consoante com o que se faz na teoria de modelos usual em lógica.

Percebe-se claramente que o trabalho de axiomatizar e interpretar essas diversas teorias, assim como o de caracterizar as relações entre elas, é de fundamental importância para se investigar a estrutura do que se conhece por "teoria evolutiva".

O CONCEITO DE APTIDÃO DARWINIANA E SUA APLICAÇÃO A ORGANISMOS E A GENÓTIPOS

A aptidão de um organismo é, como vimos, um valor numérico que deve refletir seu potencial de sobrevivência e reprodução. Considerando que a sobrevivência e a reprodução dependem: (i) das características do organismo; (ii) das características dos outros organismos da população; (iii) das

características do ambiente externo onde se encontra a população, poder-se-ia pensar que se tivéssemos uma completa descrição das características dos organismos e de seu ambiente poderíamos chegar à aptidão de cada organismo. Esse valor indicaria a probabilidade de esse organismo reproduzir-se em um dado momento e seria obtido a partir de outras teorias mais "básicas", isto é, da física, da química, da fisiologia, etc., utilizadas para a descrição das características que influem nas chances de sobrevivência e reprodução (ver a discussão em ROSEMBERG, 1985). Dessa forma, não haveria necessidade da introdução de "aptidão" como conceito primitivo. Nesse caso, poderíamos pensar que a teoria da seleção natural (e grande parte da biologia) pudesse ser "reduzida" à física e à química. Mesmo como aproximação, entretanto, tais estimativas de aptidão, se possíveis, implicariam na obtenção e manipulação de um volume de informações além de um limite razoável.

Além disso, uma outra dificuldade faz pensar que tal redução é impossível, *em princípio*. Isso porque, mesmo que tivéssemos uma descrição de todas as características de todos os organismos de uma população, e também de todos os fatores do ambiente onde se encontram, ainda assim não haveria como prever todas as interações possíveis entre esses elementos, de modo a podermos definir *aptidão*.[8]

Por outro lado, se definirmos aptidão a partir do desempenho reprodutivo dos organismos, a teoria perde qualquer caráter preditivo, caindo em um raciocínio circular, como vimos anteriormente.

Uma alternativa seria definir a aptidão a partir do desempenho reprodutivo *dos ancestrais* do organismo considerado (como *a definição operacional* de WILLIAMS, 1970). Como veremos abaixo, devido aos fenômenos relativos à segregação dos genes, em situações de reprodução sexuada, este procedimento não seria aplicável. Mesmo nos casos de reprodução clonal, a existência de mutações, formas alternativas de transferência gênica entre organismos e, principalmente, as variações ambientais tornariam muito grosseiras as estimativas baseadas nesta definição.

Devido a todas essas razões, seguindo o exemplo de Williams (1970), o conceito de aptidão foi introduzido como primitivo em nosso sistema.

Em genética de populações (teoria informal) estamos interessados nas mudanças das freqüências dos alelos (e de outros variantes genéticos). A influência da seleção pode ser abordada atribuindo-se um tipo de aptidão (ou

[8] O problema que se coloca aqui é o do *determinismo*. A definição exata de aptidão a partir de conceitos da física e da química, ao que parece, só seria possível em um universo estritamente determinista, o que não está de acordo com as modernas concepções da física (PRIGOGINE e STENGERS, 1997).

valor adaptativo) aos genótipos. Esse valor é indicado por *w* e pode ser estimado em comparação com as aptidões dos outros genótipos existentes em uma população. Usualmente, verifica-se a freqüência do genótipo em duas ou mais gerações subseqüentes e calcula-se o parâmetro *w* com base na variação dessa freqüência. Esse parâmetro pode ser utilizado para previsões da evolução da população, entendendo-se por evolução as alterações das freqüências dos alelos. É importante notar que as equações que permitem essas previsões pressupõem um valor adaptativo constante dos genótipos, isto é, pressupõem que o meio ambiente é relativamente estável.[9]

Mesmo aceitando o pressuposto acima, dificilmente um sistema da complexidade de uma população biológica pode ser completamente determinístico. Ao contrário, é de se esperar que fenômenos caóticos seja a regra. De fato, diversos experimentos mostram que modelos deterministas podem ser inaplicáveis em situações onde vários genes influam simultaneamente sobre a evolução de uma população. Os caracteres fenotípicos dos organismos quase sempre dependem de genes de vários *loci* e o valor adaptativo de um genótipo de certo *locus* pode sofrer influência de genes de outros *loci*. Mesmo um sistema com apenas dois *loci*, e dois alelos em cada *locus*, pode gerar resultados imprevisíveis (cf. LEWONTIN, 1974). Considerando o grande número de *loci* e alelos existentes nas populações, e também as variações ambientais, pode-se afirmar que mesmo que conhecêssemos as freqüências e as aptidões relativas dos genótipos de todos os *loci* dos organismos de uma população, a evolução dessa população ainda seria indeterminada.

Em organismos de reprodução sexuada, os genótipos são formados e desfeitos a cada geração. A freqüência de um genótipo não depende apenas da descendência dos organismos com aquele genótipo na geração anterior, mas também da descendência dos organismos com genótipos que podem formar o genótipo considerado. Depende portanto das "leis" da genética. Em princípio, como apontamos acima, essas leis podem ser deduzidas em uma extensão de *STE*, assumindo certos axiomas e restrições adicionais que podem ser introduzidos sem dificuldade (ao que tudo indica). Genótipos não são *entidades biológicas* no sentido de Williams, isto é, não obedecem aos axiomas que governam as propriedades daquelas entidades (em particular os axiomas que

[9] Existem modelos que descrevem situações em que os valores adaptativos variam em função da freqüência do genótipo. Essa e inúmeras outras situações complexas que podem ser encontradas nos manuais de genética de populações, não invalidam o que está sendo afirmado: os modelos clássicos de seleção natural pressupõem uma dinâmica determinista.

permitem lidar com a noção de reprodução). Não é possível, portanto, aplicar a eles o conceito de *clã*. A noção darwiniana de *aptidão* (tomada à maneira de Williams) não é, pois, facilmente redutível à noção genética de *valor adaptativo* (ou aptidão) de genótipos.

A aptidão pode ser vista como uma propriedade do organismo, tomado como um todo, que reflete o conjunto de relações entre genes, genótipos, fatores ambientais e fenótipos. Pelo menos no estado atual do conhecimento, o valor da aptidão de um *organismo* não é determinável de forma independente da reprodução. Chega-se assim a um impasse: a aptidão do organismo não é determinável *a priori*, mas ainda assim é algo que determina a aptidão dos genótipos, e as aptidões de genótipos de *loci* isolados podem ser determinadas (observadas certas condições), mas não dispomos de meios para deduzir delas a aptidão do organismo como um todo.

Organismos são as entidades biológicas que interagem no ambiente ecológico onde ocorre a seleção. Os genótipos, e todos os fatores englobados na noção de *ambiente*, determinam as características que os organismos manifestam (fenótipos). Essa determinação é complexa, ocorrendo um grande número de interações entre os produtos dos genes que estão contidos em um zigoto e os fatores do ambiente que atuam ao longo do seu desenvolvimento.

Os genes são responsáveis pela transmissão dos caracteres ao longo das gerações. Alterações nas freqüências populacionais dos genes resultam em grande parte da seleção de organismos. Isso está implicado no surgimento das adaptações biológicas. A evolução de fenótipos complexos e a origem das grandes adaptações, entretanto, são processos que não podem ser explicados apenas pela genética de populações; há necessidade de considerarmos, entre outros, elementos de *biologia do desenvolvimento* (a fim de captarmos as complexas relações entre os genes e os fenótipos finais, isto é os aspectos estruturais e funcionais do organismo) e de *ecologia*, em particular a noção de *nicho ecológico* (para podermos compreender melhor a noção de ambiente e sua relação com a seleção de organismos). Não há uma teoria bem estabelecida que integre todos esses elementos.

Mesmo considerando sistemas genéticos relativamente simples, os modelos teóricos de seleção normalmente encontrados na literatura correspondem a situações bastante idealizadas e os exemplos práticos de aplicações desses modelos representam antes exceções do que situações comuns na natureza. Em situações reais, a interação de um grande número de variáveis, muitas delas desconhecidas, leva a enormes dificuldades na avaliação de parâmetros relativos à seleção natural.

Apesar do comentário acima, pode-se afirmar que os princípios relativos à ação da seleção natural sobre as freqüências alélicas são razoavelmente

compreendidas pelos geneticistas de populações. A simples inspeção de um livro especializado mostra inúmeros exemplos em que modelos teóricos de seleção natural permitem vários tipos de previsões acerca de fenômenos biológico, com implicações práticas importantes, tanto na genética aplicada à agropecuária como na conservação de espécies, entre outras. Apesar das críticas à teoria, inúmeros experimentos e observações de campo corroboram muitas das previsões obtidas a partir da mesma, de acordo com critérios estatísticos bem estabelecidos. Esse fato nos leva a pensar que a explicação da evolução fornecida pela teoria sintética (na versão formal ou nas diversas versões informais) não é "vazia" ou "circular". Porém, não é completa, e nem de fácil compreensão, devido à complexidade inerente aos sistemas biológicos.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi fornecer um exemplo de como métodos formais (no caso a axiomatização à maneira de P. Suppes) podem ser úteis na discussão de conceitos, da estrutura teórica e de problemas metodológicos relativos à biologia evolutiva. Na verdade, não cremos que possa haver um entendimento conceitual aprofundado de qualquer teoria sem que se proceda a sua axiomatização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWLER, J. P. *El eclipse del darwinismo: teorías evolucionistas antidarwinistas en la décadas en torno a 1900.* Barcelona: Editorial Labor, 1985.

CASTAÑEDA, L. *As idéias pré-mendelianas da herança e sua influência na teoria da evolução de Darwin* (tese de doutorado). Campinas: UNICAMP, 1992.

CHAUVIN, R. *O darwinismo ou o fim de um mito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

COSTA, N. C. A. *O conhecimento científico.* 2. ed. São Paulo: Discurso Editorial, 1999.

COSTA, N. C. A. and FRENCH, S. *Science and partial truth: a unitary approach to models and scientific reasoning*. Oxford: Oxford Un. Press, 2003.

COSTA, N. C. A., KRAUSE, D. AND BUENO, O. "Perspectivism in the Philosophy of Science". In: *History and Philosophy of Science and Technology*, edited by Carlos Galles y Pablo Lorenzano, in *Encyclopedia of Life Support Systems* (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Oxford: Eolss Publishers, forthcoming.

DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (eds.) *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: Problemas e discussiones.* Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002.

KRAUSE, D. *Introdução aos fundamentos axiomáticos da ciência*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2002.

LEWONTIN, R. C. *The genetic basis of evolutionary change.* New York: Columbia University Press, 1974.
LLOYD, E. A semantic approach to the structure of population genetics. *Philosophy of Science,* n. 48, p. 416-437, 1984.
_____. The semantic approach and its application to evolutionary theory. *PSA*, n. 2, p. 278-285, 1988.
_____. *Structure and confirmation of evolutionary theory*. Princeton: Princeton University Press, 1994.
LORENZANO, P. Hacia una reconstrucción estructural de la genética clásica y de sus relaciones con el mendelismo. *Episteme*, 3 (5), p. 89-117, 1998.
_____. La teoría del gen y la red teórica de la genética. In: DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (Editores) *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas e discussiones.* Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002.
MAGALHÃES, J.C.M. Axiomatização e estrutura da teoria sintética da evolução. *Bol. Soc. Par. Mat.,* v. 18, n. 1-2, p. 121-134, 1998.
_____; KRAUSE, D. Suppes predicate for Genetics and Natural Selection. *J. theor. Biol.,* n. 209, p. 141-153, 2001.
MOYA, A. *Sobre la estructura de la teoría de la evolución.* Barcelona: Anthropus, 1989.
PAPAVERO, N. O método axiomático em biologia. *Ver. Bras. de Filosofia,* v. XXXVIII, fasc. 155, p. 210-219, 1989.
PECKHAM, M. (ed.) *The origem of species by Charles Darwin: a variorum text.* Philadelphia: Univ. of Pennsylvania Press, 1959.
POPPER, K. R. *A miséria do historicismo*. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1980.
POPPER, K. R. *O conhecimento objetivo:* uma abordagem evolucionária. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1975.
PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *A nova aliança: metamorfose da ciência.* Brasília: Ed. Univ. de Brasília, 1997.
RIZZOTTI, M.; ZANARDO, A. Axiomatization of Genetics 1. Biological Meaning. *J. theor. Biol.*, n. 118, p. 61-71, 1986.
ROSEMBERG, A. *The structure of biological science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
SUPPE, F. (ed.), *The structure of scientific theories*. 2. ed. Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 1977.
SUPPES, P. Que é uma teoria científica? In: MORGENBESSER, S. (organizador). *Filosofia da ciência*. 2. ed. São Paulo: Cultrix, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.
_____. *Set-theoretical structures in science*. Mimeographed notes, Stanford University, 1967.
_____. *"*The structure of theories and the analysis of data*"*, in SUPPE, 1977, p. 266-283.
_____. *Representation and invariance of scientific structures*, Center for the Study of Language and Information, Stanford, CA, 2002.
THOMPSON, P. The structure of evolutionary theory: a semantic approach. *Stud. Hist. Phil. Sci.,* n. 14, v. 3, p. 215-229, 1983.
_____. A defense of the semantic conception of evolutionary theory. *Biology and Philosophy*, n. 2, p. 26-32, 1987.

TUOMI, J. Structure and dynamics of Darwinian evolutionary theory. *Systematic Zoology*, n. 30, v. 1, 1981, p. 22-31.
VAN FRAASSEN, B. On the extension of Beth's semantics of physical theories. *Philosophy of Science*, n. 37, p. 325-338, 1970.
WILLIAMS, M. Deducing the consequences of evolution: a mathematical model. *J. theor. Biol.,* n. 29, p. 343-385, 1970.
ZANARDO, A.; RIZZOTTI, M. Axiomatization of Genetics 2. Formal Development. *J. theor. Biol.*, n. 118, p. 145-152, 1986.

AUTO-ORGANIZAÇÃO E SELEÇÃO NA ORIGEM DA VIDA E NA EVOLUÇÃO

Romeu Cardoso Guimarães[*]

RESUMO

Os seres vivos são descritos como sistemas metabólicos individualizados e vida é conceituada como o processo desempenhado pelos seres vivos. O processo é de metabolizar, incluindo os intercâmbios com o ambiente, as transformações, a produção dos constituintes próprios do ser vivo e suas atividades. Desde que os constituintes têm duração limitada, acentuou-se o anabolismo para sua reposição contínua e então, para crescer com acumulação - crescer por dentro. O sistema genético é a memória ou a informação que garante uma parte da estabilidade do sistema, referente às seqüências dos biopolímeros. Outra parte da informação é do sistema global, constituída pela dinâmica coerente da rede metabólica. Um modelo para a origem auto-referente do sistema de tradução é apresentado, baseado em dímeros de tRNA, considerados proto-ribossomos e proto-RNA mensageiros. Esse sistema diferenciou-se nos componentes do sistema genético. Indica-se que as proteínas definiram os genes e estabeleceram, por associação cognitiva, o sistema ribonucleoprotéico ou genético-metabólico. O processo é evolutivo e os modelos para a explicação da evolução são discutidos. Exploram-se as limitações da seleção e as propostas que tentam esclarecer a contribuição endógena e intrínseca ao sistema, para o processo. As implicações mais amplas dessas discussões exigem interdisciplinaridade, apesar dos problemas com a migração de conceitos entre áreas diversas do conhecimento.

Palavras-chave: evolução; auto-organização; seleção; seres vivos; vida.

SELF-ORGANIZATION AND SELECTION IN THE ORIGIN OF LIFE AND IN EVOLUTION

Living beings are described as individualized metabolic systems and life is conceptualized as the process depicted by living beings. The process is of metabolizing, including the exchanges with the environment, the

[*] Professor Adjunto do Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. *E-mail: romeucg@icb.ufmg.br*

transformations, the production of the characteristic internal constituents and their activities. Since the constituents have limited durability, it is needed to continuously replace them through enhanced anabolism and then grow through accumulation, from the inside out. The genetic system is the memory or the information that guarantees a fraction of the stability of the system, referring to the sequences of the biopolymers. Other fraction of the information is of the global system, constituted by the coherent dynamics of the metabolic network. A model for the self-referential origin of the translation system is presented, based on tRNA dimers, considered as proto-ribosomes and proto-messenger RNA. The system differentiated later into the components of the genetic system. The process is evolutionary, and models for explanation of evolution are discussed. The limitations of selection are explored and the proposals attempting to clarify the endogenous contribution to the process are reviewed. The wider implications of these discussions require interdisciplinary investigation, in spite of the problems inherent to the migration of concepts across different areas of knowledge.
Key-words: evolution; self-organization; selection; living beings; life.

ESPECIALIDADES FOCAIS

Observamos a natureza pelos sentidos corporais. Ao procedimento de observar e interpretar, característico do empirismo, acrescentou-se, após Galileu, o método científico mais nobre, da experimentação para testar hipóteses. No período mais recente, tecnológico, expandiu-se a capacidade de observação e experimentação, com auxílio de instrumentos, às vezes muito sofisticados.

Nosso atributo fundamental, o lingüístico, capta as observações como proposições que são elaboradas em hipóteses. A humanidade quer interpretar adequadamente a informação que lhe é acessível, para saber se comportar melhor. No entanto, estamos divididos em comunidades, cada uma com perspectivas próprias. O desenvolvimento das culturas, distribuídas aproximadamente conforme as grandes regiões do planeta, é focal. O conhecimento não se distribuiu, ao longo da história, nem uniformemente nem com muita velocidade. Só no período mais recente, da telecomunicação de alta tecnologia, a difusão das idéias adquiriu rapidez.

Mesmo assim, ainda convivem hoje, com graus variados de contato e influências mútuas, em cada região, desde as comunidades chamadas de tradicionais, como as indígenas, algumas ainda com modos de vida de caçadores

e coletores, até as mais sofisticadas quanto aos aspectos científicos e tecnológicos. Ainda mais, no interior de cada cultura, seja tradicional ou tecnológica, há distribuição desigual dos diversos tipos de saber. Alguns segmentos estão mais dedicados, por exemplo, às atividades de produção para sobrevivência ou acumulação de posses materiais, com interesses mais superficiais e genéricos nas áreas que são privilegiadas pelos estudiosos dos saberes.

Esses são mais curiosos e indagadores persistentes e metódicos. Indivíduos com tais características podem ser encontrados em todos segmentos culturais, mas tendem a se concentrar em comunidades de iniciados em áreas do conhecimento, desde religiosas, artísticas etc., até nas disciplinas universitárias, com dedicação profissional às atividades de discussão, ensino e pesquisa.

As comunidades de cada disciplina tendem a desenvolver linguagens próprias e terminologias particulares, às vezes desembocando em dificuldades de comunicação com as comunidades de outras áreas do conhecimento. No entanto, todos sentem a necessidade de comunicação mais ampla, até com membros de segmentos mais genericamente culturais, almejando tornar seu conhecimento participante ativo dos fazeres e saberes gerais da humanidade. Não é salutar o isolamento e todo conhecimento deve ser generosamente compartilhado.

AS PARTES E O TODO

A ciência, originada na cultura ocidental, teve enorme sucesso na abordagem analítica. Sua origem é freqüentemente remetida às fontes greco-romanas, mas deve incluir as mais antigas, do Oriente Médio, incluindo os babilônicos e persas, passando pelas culturas árabe e judaica. Essa cultura privilegiou o procedimento analítico, estudando as partes dos objetos e almejando sua posterior montagem na construção do conhecimento das totalidades. No entanto, desembocou na descoberta de limitações. Uma grande parte dos objetos ou sistemas não pode ser entendida somente a partir de montagem de componentes.

Alguns sistemas chamados de simples podem ser classificados quanto a seus graus de complexidade descritiva somente por listagem dos componentes e suas interações. Por exemplo, automóveis são mais complexos que bicicletas. Os comportamentos de ambos são regidos por simples leis da mecânica clássica, possibilitando previsibilidade razoável. Há percepção geral de que a compreensão de tais tipos de sistemas não exigirá muito mais esforço de pesquisa.

Por outro lado, foi salutar a demarcação de outros tipos de sistemas, chamados especificamente de complexos, nos quais somente juntar partes, ainda que bem conhecidas, não é suficiente para a explicação de seus comportamentos globais. A perplexidade na abordagem desses sistemas começa agora a ser diminuída. O avanço da computação eletrônica permitiu a elaboração e testes de modelos que parecem promissores quanto à aplicação para entendimento de alguns sistemas complexos.

Vários tipos de Redes Neurais Artificiais têm servido como bons modelos para entendimento do processo de aprendizagem natural pelo processo de tentativas, erros e eventuais acertos, esses sendo incorporados para melhoria das redes. São, também, adequados para o processo de regulação gênica e metabólica combinatória, tendo sido, por isso, já plenamente incorporados aos livros didáticos de biologia (ALBERTS et al., 1994).

A utilização de algoritmos com componentes de comportamento não-linear, por exemplo, com funções que se desenvolvem de modo exponencial e fracionário, gerou estruturas e formas (fractais) que se assemelham bastante às de sistemas meteorológicos, geológicos ou biológicos. Assim, mostrou-se ser possível modelar a configuração de costas da crosta terrestre, a distribuição dos episódios de extinções de espécies biológicas, formas de folhas de plantas, tamanhos dos organismos e suas atividades metabólicas globais, etc. Em outra vertente, vários comportamentos que eram anteriormente considerados aleatórios, puderam ser modelados de modo matematicamente rigoroso, passando a ser chamados de caóticos deterministas. Abriram-se, então, portas para comunicação maior entre disciplinas que anteriormente se mantinham separadas, com dificuldades de aproximação. Notória é a atenção que físicos e matemáticos, por um lado, e biólogos, por outro, passam a se dar, mutuamente, vislumbrando boas possibilidades de trabalho conjunto promissor (NUSSENZVEIG, 1999).

INTERDISCIPLINARIDADE

O entusiasmo com a possibilidade de se abordar diretamente os sistemas complexos deve ser cauteloso. A perplexidade permanece forte. Por um lado, os detalhes de informação necessários em cada área de estudo ou especialidade (por exemplo, desde os moleculares, da bioquímica, até os macroscópicos, da ecologia) acumularam amplitude tão grande que exigem a dedicação de grupos de pesquisadores em cada uma das áreas, não sendo mais suficiente o tratamento por um ou poucos desses investigadores.

Por outro lado, é necessário abordar o sistema a partir de diversas disciplinas conjuntamente. Cada uma o estuda sob um ou alguns pontos de

vista ou janelas de observação e seus conhecimentos devem ser intercambiados e conferidos mutuamente, em tentativas de composição e ajuste interdisciplinar. Em alguns momentos, tais ajustes podem gerar dificuldades e até forçar a revisão dos métodos e conceitos de cada disciplina, ou gerar novos, resultando nos benefícios da interdisciplinaridade mais profunda (transdisciplinaridade).

No entanto, chega-se até a dizer (ver SOLÉ et al., 1999) que alguns sistemas complexos, como os evolutivos e, como exemplo mais específico, os biológicos, devem apresentar tão grande número de componentes com comportamentos não-lineares, sejam internos aos organismos ou nas suas interações com o entorno ambiental, que podem tornar-se praticamente indescritíveis em sua totalidade. A plasticidade dos sistemas biológicos, ao longo do percurso evolutivo, é de tal monta que poderia impossibilitar qualquer tentativa de previsão.

MIGRAÇÃO DE CONCEITOS

Nos contatos entre áreas do conhecimento, é inevitável o aproveitamento de termos e conceitos originados em uma por outras. Tal migração ou apropriação é desejável, mas ocorrem riscos de deturpação. São bem conhecidas as dificuldades de tradução de textos, desde os literários até os científicos, nos contatos entre idiomas, culturas e comunidades de estudiosos. É evidente, por exemplo, a dificuldade em se tentar apreender, com a clareza e a precisão exigidas pela linguagem filosófica, o que os biólogos designam pelo termo gene.

Nossa mente trabalha sempre com a incorporação de analogias e metáforas. Mesmo no exame de objetos pelos procedimentos científicos, não podemos estar seguros de que a observação expressa em linguagem seja reflexo fiel do objeto real externo. Na maioria das vezes, estamos expressando, em termos humanos, um comportamento que se tornou acessível a nossos procedimentos de observação, repletos de pressupostos teóricos. Daí em diante, passa-se a conversar e discutir, em tentativas de obter consensos e entendimento interteórico. Espera-se que, desse procedimento de filtragem e ajuste, surja conhecimento mais seguro e confiável, ainda que sempre provisório.

Devemos atentar, também, para dificuldades especiais que surgem quando descrevemos conceitos referentes a entidades “abstratas”, como energias e outras propriedades da matéria. Temos mais segurança quando nos referimos a objetos chamados de concretos, por exemplo, um ser vivo, como plantas ou animais que podemos tocar, ou até células isoladas, que podemos enxergar com auxílio de microscópios. No entanto, desembocamos em grandes

dificuldades quando desejamos caracterizar o termo vida, termo que designa o conjunto de propriedades e atividades do ser vivo (GUIMARÃES, 2002a-c). É termo sintético, mas os biólogos e os bio-epistemólogos sentem a necessidade de tentar exprimir o conceito em uma ou poucas sentenças procurando, pelo menos, concisão e elegância. No entanto, desembocam em propostas que não alcançam consenso (ver, por exemplo, as revisões de EL-HANI e VIDEIRA, 2000, e BARBIERI, 2003). O mesmo deve valer para moléculas ou partículas subatômicas, que aceitamos chamar de concretas, em relação às suas propriedades interativas, que chamamos de forças ou atividades. Essas seriam entidades também "abstratas", ainda que alguns físicos desejem considerá-las concretas, talvez entusiasmados com a precisão com que as definem. É aparente que a maioria dos termos de nossa linguagem seja abstrata, no sentido exposto acima.

Para finalidades mais práticas, por exemplo, de conseguir identificar seres vivos extraterrestres, que são procurados nas viagens interplanetárias, uma definição adequada dos objetos pode ser suficiente. Por outro lado, ao criarmos o termo abstrato "vida", entramos em área de intensa discussão, que tem maior interesse para nossas famosas questões existenciais, por exemplo, o que somos, o que fazemos aqui, de onde viemos, para onde vamos?

No percurso da apropriação de termos de uma disciplina por outra, ocorrem modificações de seu significado, de vários modos. Algumas modificações podem chegar a expansões incômodas. Por exemplo, os termos "ciência" ou "científico", mesmo que de caracterização ainda muito discutida, tornaram-se tão carregados de valor e *status*, nessa nossa época de grandes avanços tecnológicos decorrentes da ciência, que muitas comunidades de estudiosos de outras áreas querem argumentar ou demonstrar que suas hipóteses "são científicas", assim também se valorizando, mas se esquecendo de que a ciência é somente uma parte do conhecimento. Em sentido semelhante, o termo "paradigma" tornou-se da moda e de significado muito afrouxado, quando apropriado por comunidades que não a da sociologia da ciência.

A seleção natural, da teoria darwiniana, tornou-se muito mais pejorativamente "selvagem" que na proposição original, além de mal interpretada, quando transposta para os fazeres humanos. Esses têm-se mostrado, muitas vezes, mais "selvagens" que outros animais. O "esforçar-se para sobreviver" (*struggle for life*) foi interpretado como luta destrutiva. A competição entre machos pela soberania grupal, que geralmente termina com a desistência do mais fraco, indo procurar outras plagas, foi tomada como analogia "natural" (portanto justificável?) da nossa intolerância, freqüentemente guerreira.

Em vertente mais interessante, tenta-se traduzir termos provenientes de uma especialidade de interesses mais restritos para outra mais ampla, por

exemplo, nos vários ramos da filosofia da ciência ou epistemologia. Essas áreas têm potenciais maiores de comunicação com a cultura em geral, passando pelas ciências humanas, as artes e (por que não?) até as religiões. Surge algum desconforto, especialmente entre alguns da área que criou o termo, mas isso não deve prejudicar a comunicação; outros, daquela mesma área, consideram boa a ampliação do debate. Por exemplo, a física e a química tratam das interações moleculares através de forças e radicais com definições muito precisas, mas a semiótica passa a considerá-las como signos (EL-HANI e VIDEIRA, 2000; SILVEIRA, 2000), incorporando-as em corpos teóricos de amplo alcance filosófico. Surgem vários problemas a serem resolvidos por discussões longas, às vezes acaloradas. Os filósofos são treinados para questionar fundamentos do conhecimento e os benefícios serão mútuos.

Com as religiões e os que têm intuições muito nítidas e fortes sobre entidades transcendentais, as relações da ciência serão de interesse mútuo, mas temo que chegarão somente a serem respeitosas e cordiais. Pode ser que escapem ao âmbito da ciência os detalhes dos mecanismos de nossa mente, a ponto de propor como tais intuições são geradas. Por outro lado, os que propõem a transcendência sempre poderão dizer que quaisquer propostas da ciência são somente modelos simplistas, incapazes de lhes satisfazer, ou que as entidades transcendentais são ontologicamente distintas do meramente humano, e de nível superior, e que os níveis inferiores nunca conseguirão entender os superiores. As correntes emergentistas devem cuidar para não cair em problemas análogos a esses, ao colocar barreiras de difícil transposição entre as áreas de estudo. As propostas de emergência fraca e média (EL-HANI e EMMECHE, 2000) são claras e adequadas à biologia moderna.

EVOLUÇÃO E BIOQUÍMICA

A natureza que observamos não é estática nem está em equilíbrio. Evolução, em sentido amplo, é o processo de mudanças que os objetos da natureza apresentam ao longo do tempo. A dinâmica indica que há forças atuantes. Desejamos identificá-las e compreendê-las.

Os mecanismos evolutivos diferem conforme os tipos de objetos: os físicos e químicos, os biológicos e os sociais. Enfocando principalmente os primeiros, a termodinâmica diz que o sentido geral da evolução é entrópico. Em termos simples, o aumento de entropia é descrito como transformação de estruturas e energias das formas mais para as menos organizadas. O universo teria se iniciado muito denso e quente e, com a expansão progressiva, tenderia ao resfriamento. A forma de energia menos nobre é a térmica, que tende a ser

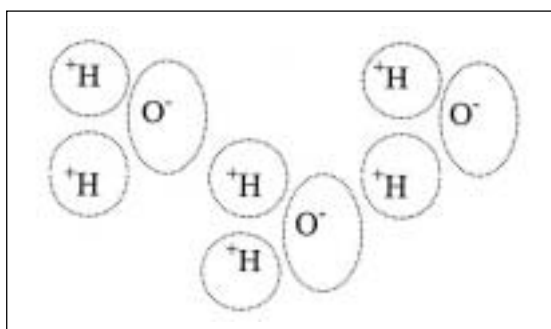
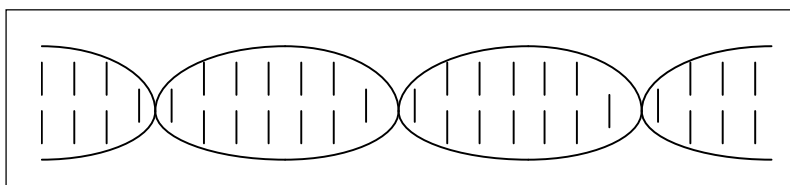
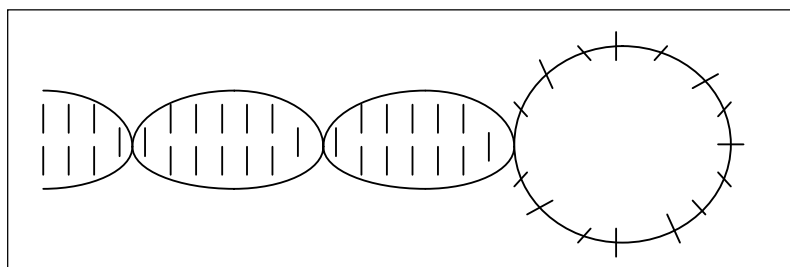
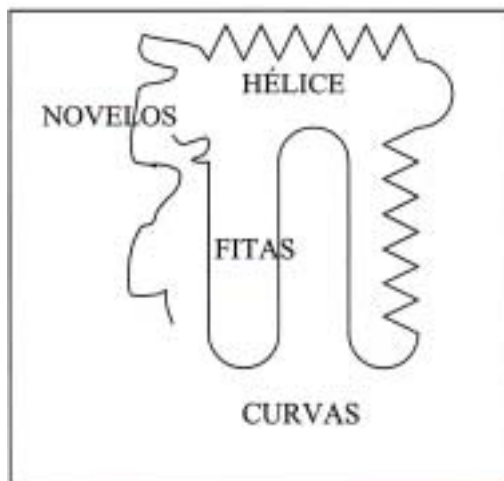
a dominante no decorrer do tempo e, no percurso expansivo, se tornaria dispersada no espaço. Assim, o sentido geral é de promover o equilíbrio térmico frio, mas sem impedir o surgimento, em estágios intermediários, de algumas estruturas organizadas.

Algumas dessas são simplesmente estáveis (por exemplo, cristais), em graus variados e em alguns ambientes (por exemplo, moderadamente resfriados). O resfriamento profundo leva à redução dos potenciais de reatividade atômica e molecular, impedindo a formação de estruturas complexas, como se estivessem quase congeladas, e o aquecimento elevado rompe as ligações atômicas e químicas, tornando-as altamente instáveis, formando plasmas de partículas, com escassa estruturação mais complexa.

Outras, chamadas de dissipativas, incluindo as vivas, podem manter sua organização por algum tempo, através de consumo (dissipação) de energia, contribuindo para a aceleração do processo entrópico geral. As estruturas dissipativas podem ter duração variada. Dentre as mais fugazes e simples, estão as células de Bénard: ao se aquecer um líquido contido em frasco, através de uma fonte inferior, a dissipação do calor se faz por convecção, formando estruturas em plumas efervescentes (PRIGOGINE, 1980). O Sol também contém estruturas visíveis, derivadas de disposição espacial não-homogênea do calor gerado internamente por fusão nuclear, mas não é produtor de moléculas complexas e tende a se desgastar.

A estabilidade que os sistemas vivos demonstram, através das eras geológicas, decorre deles terem desenvolvido mecanismos de reposição contínua de seus componentes, que são instáveis e frágeis. Características principais da fragilidade são: a constituição reduzida (com grande quantidade de hidrogênio) da matéria orgânica, que se torna sensível à oxidação (pela incorporação de oxigênio); e a síntese dos biopolímeros (ácidos nucléicos – polinucleotídeos, e proteínas – poliaminoácidos) com liberação de água em cada união das subunidades. Como a água é muito abundante no ambiente, interno e externo, a hidrólise é fator importante de degradação, revertendo o processo da síntese (ver Figura 1). Energia e matéria são consumidas, também, nas diversas interações com o ambiente.

Figura 1: **Estrutura espacial de biomoléculas no ambiente aquoso**. (Fonte: Adaptado de Guimarães, 2002c). Os esquemas não obedecem às escalas de tamanho naturais.

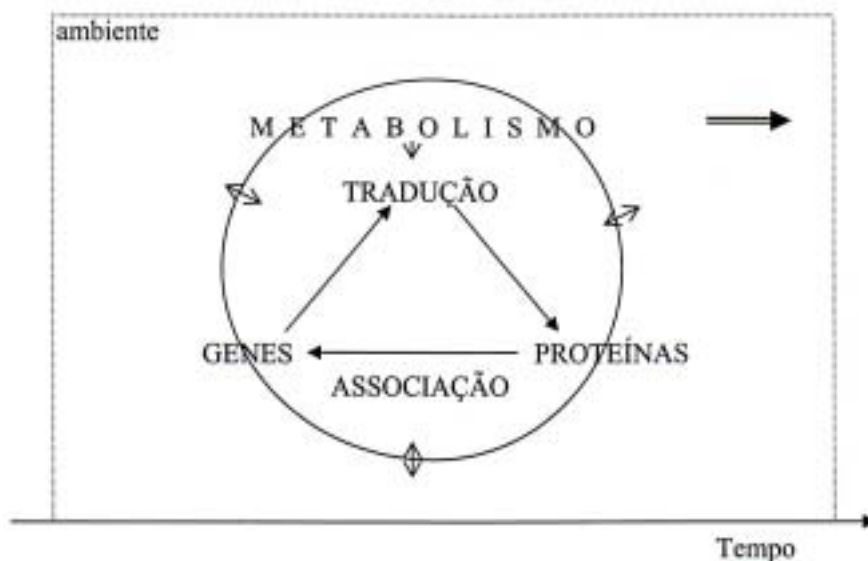
(a) **ÁGUA**. A disposição das moléculas é regular, com alinhamento ditado pela polaridade dos ^{+}H e O^{-}. Cada molécula pode ser descrita como uma hidroxila (HO^{-}) mais um próton (H^{+}).

(b) **DNA**. As cadeias repetitivas de açúcares e fosfatos são hidrofílicas, externas, e formam a dupla hélice. As bases, mais hidrofóbicas, situam-se no interior da dupla hélice.

(c) **RNA.** As alças têm ampla liberdade de conformações. Nestas, os radicais dos nucleotídeos podem interagir interna ou externamente.

(d) **PROTEÍNA**. Fitas são mais hidrofóbicas e mais internas; novelos, curvas e hélices mais hidrofílicos e mais externos.

VIDA E SERES VIVOS

Os seres vivos são objetos concretos (ver Figura 2): sistemas metabólicos individualizados (GUIMARÃES, 2002 b, c). Este conceito pode ser considerado geral. O específico do único caso conhecido, a vida terrena, pode ser a química baseada nos biopolímeros, ácidos nucléicos e proteínas, cujos elementos são designados pela sigla CHONPS: carbono (do CO_2), hidrogênio e oxigênio (da água), nitrogênio (de N_2 ou amônia), fósforo (de fosfatos) e enxofre (inorgânico ou de H_2S).

Metabolismo é o conjunto das transformações moleculares e energéticas realizadas pelo sistema, sejam internas ou de interação com o ambiente, através de fronteiras. É implícito no conceito de metabolismo (transformações) o aspecto autopoiético: as transformações geram, obrigatoriamente, componentes constitutivos novos e próprios do sistema, distintos dos ambientais. O metabolismo absorve energia e matéria simples do ambiente, transformando-os em seus próprios constituintes (Quadro 1). Assim, pode-se dizer que os seres vivos “se fazem a si mesmos” (MATURANA e VARELA, 1980).

A seta dupla indica a temporalidade própria do sistema metabólico individualizado (círculo) e, a inferior, a temporalidade do ambiente externo (retângulo). As setas bidirecionais indicam as relações com o ambiente, através dos componentes de fronteira. O subsistema genético ou de memória (triângulo) deriva (seta para baixo) do metabolismo a partir de um mecanismo primordial de síntese de proteínas, que se tornou o sistema de tradução. As proteínas associaram-se aos RNA que se tornaram genes e passaram a dirigir a tradução. As associações estabilizam o sistema, que se torna auto-sustentado, e a memória permite relativa autonomia.

Figura 2: **O sistema metabólico e o subsistema genético dentro do ambiente**.

A seta dupla indica a temporalidade própria do sistema metabólico individualizado (círculo) e, a inferior, a temporalidade do ambiente externo (retângulo). As setas bidirecionais indicam as relações com o ambiente, através dos componentes de fronteira. O subsistema genético ou de memória (triângulo) deriva (seta para baixo) do metabolismo a partir de um mecanismo primordial de síntese de proteínas, que se tornou o sistema de tradução. As proteínas associaram-se aos RNA que se tornaram genes e passaram a dirigir a tradução. As associações estabilizam o sistema, que se torna auto-sustentado, e a memória permite relativa autonomia.

Vida é conceito global designando: (a) em um recorte temporal, em prazos curtos, o conjunto das propriedades e atividades desempenhadas pelos seres vivos ou, (b) ao longo do tempo, em prazos maiores, o processo evolutivo desempenhado por eles. As interações com o ambiente participam, essencialmente, no processo, mas podem ser consideradas à parte, porque são muito variadas, não contribuindo, assim, para a unicidade do conceito.

Os constituintes do metabolismo são moléculas frágeis e o sistema precisa repô-los e substituí-los constantemente. Os principais são fios poliméricos, cadeias de subunidades (monômeros) ligadas entre si por forças covalentes, mais fortes. Cadeias de nucleotídeos são os ácidos nucléicos (RNA, DNA) e cadeias de aminoácidos são as proteínas. No DNA, a complementaridade entre todas as bases as protege contra muitas interações espúrias e forma hélice de fio duplo, com coesão forte e mais rígida. Pelo contrário, os fios de RNA e proteínas se enovelam e entrelaçam no espaço, que é um ambiente aquoso e contém outras moléculas dissolvidas. As conformações espaciais são ditadas por associação entre segmentos ou partes dos fios, através de ligações não-covalentes, com coesão mais fraca e dinâmica. Assim, as estruturas são mais flexíveis e menos protegidas: hélices duplas e alças, no RNA; hélices simples, fitas, curvas e alças, nas proteínas (Figura 1). Essas estruturas são, também, suscetíveis a movimentação térmica e a interferência por variações nas moléculas com as quais interagem.

Esse dinamismo estrutural dos fios enovelados é resumido no termo plasticidade, que tem seu correlato funcional. Os graus de liberdade e variabilidade estrutural que os fios entrelaçados apresentam explicam, por exemplo, porque as enzimas e ribozimas não são estritamente específicas para um substrato, podendo aceitar substratos alternativos. O grau de plasticidade demonstrado por cristais inorgânicos, em geral estruturados como placas superpostas, é muito menor, mas se mostra como jaças ou impurezas.

Quadro 1: O processo biológico

A. Bases de sustentação
Estabilidade físico-química
Transformações energéticas e moleculares (metabolismo clássico)

1. Termodinâmica
Sistema dissipativo: consumo de energia e liberação de calor
2. Transformações de matéria
Entradas podem ser simples: gases, minerais e água (elementos CHONPS)
Produção de componentes próprios (autopoiese)
Excreção de resíduos
3. Compartimentação
Fronteiras semipermeáveis.
Intercâmbios e interações com o ambiente (químio- e biosemiótica)

B. Plasticidade com estabilidade
Estabilidade metabólica e genética

1. Componentes próprios mais complexos
a. Fios de biopolímeros: ácidos nucléicos e proteínas ("biologia molecular")
b. Entrelaçamento intrafios em conformação espacial dinâmica
c. Associações interfios
d. Funções plásticas: estruturais e catalíticas (enzimas e ribozimas)
2. Sistemas de memória
a. Memória em fios (genética). Repetitividade na reposição de genes (polimerases; ribozimas podem ser auto-replicantes) e de proteínas (tradução)
b. Memória em ciclos (sistêmica, coletiva)
Componentes (polímeros e associações entrelaçados), especialmente os catalíticos, comunicando-se por mediadores difusíveis (substratos/ produtos), formam organizações ("estruturas") dinâmicas.
Ciclos de realimentação e auto-ativação ("atratores"),interconectados formando redes ou teias ("hiperciclos")

C. Expansão com diversidade
Estabilidade reprodutiva ou darwiniana
Incorporação de redundâncias e formação de linhagens de populações

1. Molecular
Funções plásticas das estruturas e dos catalisadores geram populações de moléculas de cada tipo
Duplicações à replicação podem ser mantidas: expansão dos genomas
Traduções alternativas tornam os proteomas maiores que os genomas
Recombinações de partes dos fios genéticos e de porções das redes
2. Celular
Crescimento com acúmulo de redundâncias.
Reprodução dos sistemas inteiros, formando populações de indivíduos.

A simples reposição pode não ser suficiente para manutenção prolongada do sistema frágil. O passo seguinte na construção dos sistemas vivos foi acentuar os processos sintéticos (anabólicos), em relação aos degradativos (catabólicos), resultando em capacidade de acumular seus constituintes, “crescendo por dentro”. Canguilhem (1966) foi eloqüente em destacar essa polaridade dos seres vivos, dirigidos mais no sentido anabólico do que no catabólico. Em conseqüência de variação (“erros”) nas sínteses, as moléculas acumuladas formam populações, de modo que as redes metabólicas adquirem mais esse componente de plasticidade. As forças que propelem o sistema para crescimento derivam do desenvolvimento de uma dinâmica própria das cadeias metabólicas – linhas de transformação em sucessão. As estruturas cíclicas não provêm esse direcionamento, mas acrescentam outras propriedades (ver adiante). Nas cadeias, os produtos de uma reação são continuamente transformados em outros, de modo que esses não se acumulam e o sentido do processo não pode ser invertido. Outros produtos são excretados. Os intermediários que se acumulam na célula são transportados ou transformados para compor outras estruturas, isolados dos sítios de suas sínteses.

As mesmas forças de coesão que formam os fios enovelados promovem, também, associações entre os polímeros, e o sistema adquire forma globular, como uma gota densa. A fronteira é definida por forças de tensão na superfície entre o ambiente externo aquoso e os compostos orgânicos, grande parte dos quais não se mistura bem com a água, sendo chamados de hidrofóbicos. A superfície deve ter sido, desde o início, mista de proteínas e lipídeos, esses se agregando entre aquelas, contribuindo para aumento da hidrofobicidade. Sua função de fronteira é designada como semipermeável, indicando que as micromoléculas internas são retidas em concentrações adequadas à fisiologia, não sendo difundidas livremente para o ambiente; do mesmo modo, as deste não penetram livremente no sistema.

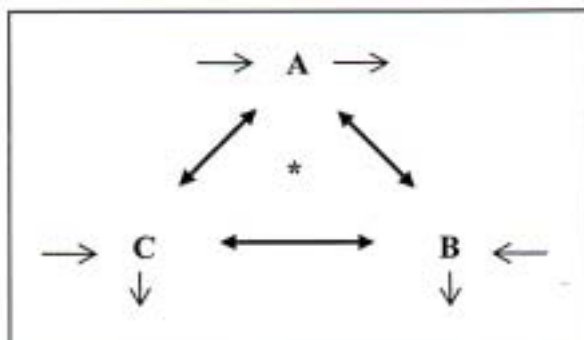
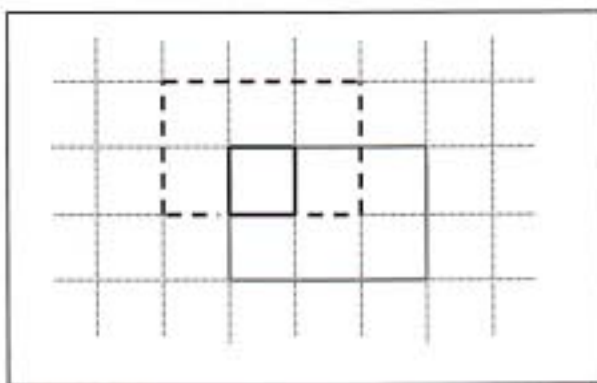
Enquanto a gota cresce no meio aquoso, seu volume supera a capacidade de contenção da força de tensão superficial da fronteira, o que desencadeia fissão, uma forma simples de reprodução. Após esse estágio, o processo torna-se cíclico, em sucessão de crescimento e reprodução. A reprodução é dos sistemas inteiros, mas com irregularidades freqüentes, de modo que serão formadas linhagens de populações de indivíduos. Os conjuntos de indivíduos de um tipo, espécie ou classe são semelhantes entre si, mas não idênticos, com taxas ou amplitudes de variação diversas. Assim, cada classe apresenta redundância populacional. O mesmo raciocínio aplica-se a populações de moléculas. Um dos sistemas de mais elevada fidedignidade funcional é o das polimerases de DNA com atividade de correção (enzimas de replicação de cromossomos), que produzem variantes à taxa de 10^{-9} (um nucleotídeo diferente

do original por bilhão de nucleotídeos). Na síntese de RNA ou de proteínas, as taxas são maiores, de 10^{-4} (uma variação a cada 10.000 nucleotídeos ou aminoácidos). Assim, obtêm-se médias de um gene mutado a cada 10^{6} e de uma proteína variante a cada 30.

Maior estabilidade dos caracteres transmitidos através das gerações foi conseguida pelo desenvolvimento de estruturas de memória (GUIMARÃES, 2002c). A mais conhecida dessas é a dos fios ou fitas dos ácidos nucléicos (genes; memória em fitas), dos quais se obtêm repetidamente as proteínas. Outra já bem aceita é do arranjo de enzimas em ciclos de reaproveitamento e realimentação funcional (memória em ciclos; um exemplo, na área metabólica, seria o ciclo dos ácidos tricarboxílicos, anteriormente chamado de Krebs), cuja modelagem foi exaustivamente desenvolvida por Kauffman (1995). O crescimento pré-reprodutivo envolve produção de redundâncias de tais estruturas (no caso das fitas de ácidos nucléicos, replicação) e sua repartição entre as células filhas é a reprodução do sistema.

O sistema metabólico é organizado como redes ou teias de catalisadores comunicantes entre si (Figura 3). Os catalisadores biológicos são proteínas (enzimas) ou RNA (ribozimas), que podem repetidamente receber substratos (geralmente moléculas pequenas), produzir transformações e liberar produtos. Quando esses são também pequenos, estabelece-se comunicação entre os catalisadores através dos substratos e produtos, que pode configurar cadeias, ciclos ou outros arranjos. Os ciclos funcionais são partes obrigatórias das teias, como as quadrículas de um tecido. As redes podem ser descritas como composições de ciclos (hiperciclos), paralelos ou embutidos uns dentro de outros maiores, como as cascas de uma cebola. Os ciclos servem como atratores, indicando que os percursos no interior da rede alcançam os ciclos com alta freqüência, desde que os componentes dos ciclos sejam múltiplos e se conectem com várias outras partes da rede. Servem, também, como centros de memória e estabilidade, quando são ativados com freqüência ou até auto-ativados, adquirindo funcionamento autônomo e independente de novas ativações externas. Podem, ainda, gerar temporalidade própria, pela autonomia e por poderem funcionar a partir da ativação de qualquer ponto e em sentidos reversos. Uma analogia elucidativa pode ser feita com a experiência de sonhos, que podem exibir temporalidades estranhas frente às conhecidas em situação de vigília.

Figura 3: **Ciclos auto-alimentadores e formação de redes hipercíclicas**.

A. Um mínimo de três catalisadores (A, B, C) são necessários para formar ciclos de realimentação, que se estabilizam. As setas finas indicam interações com outros componentes da rede. *, centro virtual. (Adaptado de Guimarães, 2002 b, c)

B. Ciclos são componentes obrigatórios de redes e essas podem ser consideradas hipercíclicas. (Adaptado de Guimarães e Moreira, 2000)

As redes biológicas têm sido muito estudadas na ecologia e em modelagens que servem para aplicação aos casos de tecidos e órgãos dos indivíduos multicelulares e, também, aos de moléculas, em todos os aspectos do metabolismo. Propriedades importantes das redes, como grandes conjuntos interconectados, podem ser resumidas como plasticidade ampliada e estabilidade. Vários outros termos são associados a esses, como: homeostase, resiliência, adaptatividade e evolutividade, cujo exame seria por demais extenso

neste texto. Parece sedimentada a noção de que o funcionamento das redes é tão robusto quanto (para alguns, as redes seriam mais robustas que) o dos sistemas genéticos, podendo esses dois aspectos do sistema biológico serem considerados complementares e essenciais.

O SUBSISTEMA GENÉTICO E A NOÇÃO DE INFORMAÇÃO

Um dos grandes desafios para o entendimento do processo biológico se refere aos mecanismos de hereditariedade. Sabe-se que a herança biológica se faz através de células inteiras, os gametas, a despeito dos espermatozóides terem sido reduzidos e contribuírem com pouco material citoplásmico. Tanto os genes como as redes metabólicas (essas compondo o fenótipo celular) apresentam graus elevados de fidedignidade na sua transmissão através das gerações reprodutivas, mantendo as semelhanças entre pais e filhos e os padrões orgânicos das espécies.

Na maior parte das linhagens, um esquema simplificado do padrão corporal da espécie (pelo menos, uma definição dos eixos principais da organização do embrião) já está configurado no citoplasma do óvulo. Somente nos mamíferos esse esquema passou a ser configurado inteiramente pelo embrião, pela expressão precoce dos genes de ambos os genomas, do óvulo e do espermatozóide. Nos outros grupos, a configuração topográfica expressa no citoplasma do óvulo decorre de seu próprio genoma haplóide, algumas vezes com participação detectável, também, de efeitos maternos ou externos. Assim, à exceção dos mamíferos, a contribuição dos genes dos espermatozóides para a formação do embrião se introduz, efetivamente, mais tarde do que a dos genes dos óvulos. A rede metabólica de origem ovocítica receberá as proteínas derivadas dos genes dos espermatozóides e cabe a ela decidir se as proteínas novas lhe são adequadas e se o desenvolvimento do embrião terá prosseguimento ou não. O mesmo ocorre, generalizadamente, em todos os organismos, nas situações de transferências genéticas, sejam naturais ou artificiais (como na engenharia genética). O padrão da espécie se mantém, apesar da diversidade genética poder ser muito elevada.

Essas observações demonstram a robustez das redes fenotípicas, como totalidades sistêmicas dinâmicas e integradas, mas não menosprezam a importância dos genes. Esses são somente componentes singulares, mas também contribuem com elevada estabilidade, quase invariância, por meio da replicação. Por certo, as filogenias construídas, seja pelos fenótipos fósseis da paleontologia ou pelas semelhanças e divergências demonstradas pelas seqüências genéticas, são compatíveis e superponíveis.

Aplica-se a noção de informação, em biologia, para designar a ordem, observada e mantida em seus processos e componentes, em meio à desordem ou ruído, que sempre intervém. Segundo a distinção dos mecanismos hereditários, em genéticos e de redes fenotípicas, também a informação pode ser divida nessas categorias. A informação genética é de entendimento mais fácil porque tem substrato material. Designa a ordenação seqüencial dos nucleotídeos nos polímeros, DNA ou RNA e, conseqüentemente, passando pela tradução (através do código genético), a ordenação seqüencial dos aminoácidos nas proteínas. Esta categoria pode ser chamada de informação em fitas. Os processos em que ela está envolvida são estudados nas diversas ramificações da genética. Muitos sucessos foram alcançados nas manipulações dos genes, culminando nas possibilidades oferecidas pela engenharia genética, mas levaram a expectativas exageradas, demonstradas pelos insucessos. Chega-se à conclusão óbvia, mas que deve ser reforçada, de que os genes somente determinam as estruturas primárias das proteínas e que essas são somente componentes singulares das redes.

Tanto o desenvolvimento da conformação espacial de uma proteína quanto a composição dessa na formação das redes, também estruturas tridimensionais complexas, requerem ordenação, com introdução de mais informação. A caracterização física desta é mais difícil, mas pode ser descrita como um tipo de organização coletiva, a dinâmica coerente do sistema global. Ainda mais quando a manipulação genética leva a resultados nulos, sem efeito fenotípico detectável, ou a resultados diversos dos previstos, configura-se a noção de que a informação em redes se superpõe, contém e subordina a informação genética, é de ordem superior na escala de complexidade. Os geneticistas mais experientes e prudentes já diziam isso, desde há muito, mas somente agora, com o avanço da ciência da complexidade, esse preceito pode ser incorporado com clareza à biologia experimental.

Indica-se que os genes são somente adequados, como materiais básicos, para permitir e propiciar a formação das redes típicas das espécies. São necessários, em conjuntos genômicos apropriados, mas não suficientes. Se somente propiciam a formação das redes, deixam aberturas, com graus de liberdade variáveis, para participação de fatores contingentes (ambientais, contextuais). Dizia-se que os genes estabeleciam uma "norma de reação" ao ambiente, mas atualmente reforça-se a participação de efetores contextuais, que passam à condição de necessários.

Uma polêmica do tipo "partes *vs.* todo" pode se instalar entre defensores mais radicais de um ou outro desses componentes da informação biológica, que recebem as denominações de genecêntricos ou sistêmicos (GUIMARÃES, 1992; PARDINI e GUIMARÃES, 1992; GUIMARÃES e MOREIRA, 2000),

variacionistas ou transformistas, e externalistas ou internalistas (GERHART e KIRSCHNER, 1997). A polêmica é interessante em si mesma porque leva à exploração das tendências até os limites, clarificando suas conseqüências e implicações, mas estimamos que melhor resultado é atingido quando os oponentes detectam as falhas em cada um dos lados e concluem que podem ser mais moderados e alcançar acordo. Para tal, é preciso examinar, com cuidado, vários tipos de situações. O sistema global pode predominar sendo, apesar de plástico, robusto o suficiente para restringir e modular muitos tipos de variações em suas partes, acomodando-as sem transtornos ou se aproveitando delas para adaptação e evolução. Isto é chamado de causação de cima para baixo, do todo sobre as partes. Por outro lado, há também situações, igualmente aproveitáveis, em que a modificação de partes tem conseqüências importantes sobre o comportamento global do sistema; essas são colocadas na categoria tradicional de causação de baixo para cima. Mais importante será estudar o entrelaçamento e a interdependência entre as partes e o todo, sem cair em dicotomias radicais ou generalizações apressadas.

A ORIGEM DA INFORMAÇÃO OU MEMÓRIA GENÉTICA

Completamos, nesta seção e na seguinte, a argumentação sobre a subordinação da informação genética à sistêmica, no contexto da origem da primeira. Na genética chamada de transmissão, descrevem-se os mecanismos de replicação dos genes e cromossomos, e como os genes se expressam no fenótipo e são distribuídos nas famílias e populações. Os genes recebem conotação derivada literalmente do termo, como geradores do fenótipo, como se fossem prescrições análogas às da vontade humana, a serem obedecidas pelo sistema de expressão. Descrevendo-se a fisiologia em abordagem de cima para baixo, da informação para as redes fenotípicas, os genes são considerados como condição basal e pré-existente no sistema.

Na genética evolutiva, amplia-se o questionamento, investigando como as variações mutacionais surgem e quais são seus destinos nas populações, sob efeitos de fatores que influenciam o sucesso reprodutivo dos indivíduos, ao longo de linhagens e seus cruzamentos com outras. O foco do estudo é sobre a dinâmica dos processos de produção e manutenção das variações em tempos mais dilatados, até nos que poderiam levar à produção de novas espécies. O enfoque genético não esgota o tema do processo evolutivo, mas contribui com aspectos importantes. Tratando-se das novidades genéticas que incidem sobre genomas pré-existentes, o processo pode ser descrito mais como de edição do que de origem da informação. O processo de edição decorre da

introdução de novidades que permanecem através dos ciclos reprodutivos, não tendo prejudicado a adaptação dos fenótipos e se disseminando ao longo das linhagens.

O pensamento evolutivo promoveu uma revolução no sentido de considerar que as variações hereditárias são cegas em relação ao processo adaptativo, surgindo sem relação com as necessidades orgânicas, e que a adaptação e a evolução decorrem da passagem das variações através dos crivos do processo seletivo. Assim, negam-se as propostas de que decorreriam de tendências direcionais endógenas aos seres vivos e introduz-se o raciocínio reverso, de que qualquer direção é resultante, posterior, por seleção a partir do desempenho dos fenótipos, ao interagir com as condições ambientais.

Desse raciocínio, privilegiado pelas correntes genecêntrica, variacionista ou externalista, decorre a proposta de que a origem da informação genética também se faz pelo processo de edição, através de ciclos mutação/seleção. As seqüências genéticas primordiais poderiam ser de qualquer tipo e não constituem um problema a ser investigado. A perplexidade frente a essa proposta gerou críticas fortes, retratadas na imagem bem humorada do macaco datilógrafo: a digitação aleatória poderia gerar um texto literário?

Com a descoberta da estrutura modular dos genes, constituídos por seqüências pequenas que podem ser recombinadas e reagrupadas para construir as mais longas, e da estrutura segmentada de muitos deles, em exons que farão parte das proteínas e introns que são removidos dos RNA mensageiros, assim ampliando as possibilidades combinatórias, respondeu-se à crítica dizendo que não foi necessário gerar sentenças significativas longas desde o início, mas somente palavras, os módulos. Esses seriam submetidos aos processos combinatórios e seletivos, com fusões e encadeamentos que resultariam nas sentenças e textos.

Simplificou-se um pouco o problema, mas uma nova revolução surgiu com a descoberta das ribozimas, moléculas pequenas de RNA que têm funções catalíticas, assim possibilitando a confluência das duas funções em uma única molécula, a dos ácidos nucléicos e a dos catalisadores. O momento presente é de avaliar o potencial dessa proposta, que parece razoável. Outra conseqüência importante da descoberta foi a de resgatar “o caminho do meio” do RNA, enquanto se trilhavam antes os percursos extremos, seja a partir dos genes, o DNA, ou dos catalisadores, as proteínas. Ampliou-se o rol dos bio-catalisadores, tirando as proteínas da posição privilegiada nesta função, ao mesmo tempo em que se indicou que o material genético primordial deve ter sido o RNA. O DNA passou a ser considerado como acréscimo tardio, preferido como material genético por sua maior estabilidade.

OS CICLOS DO SISTEMA DE TRADUÇÃO

Podemos chegar, agora, a uma proposta sobre a origem simultânea e entrelaçada da informação genética e seus produtos, a partir de um modelo para a própria origem do código genético. Os RNA de transferência (tRNA), que carregam as letras (os aminoácidos) e os códigos (os tripletos de bases, anticódons, complementares aos códons, dos genes ou dos RNA mensageiros), são considerados como as sementes significativas na origem da informação (Figuras 4 e 5). Seriam análogos das ribozimas, ao facilitarem a catálise de sua própria aminoacilação (função de sintetase, formando aminoacil-tRNA, ac-tRNA) e a da transferência do aminoácido de um ac-tRNA para outro (função de peptidil-transferase, ppT), assim formando as ligações peptídicas e as proteínas. Os tRNA participam de vários outros passos do metabolismo, além da síntese de proteínas (ver DI GIULIO, 1997, em GUIMARÃES e MOREIRA, 2002, 2004). A função de sintetase foi transferida, posteriormente, para as proteínas, as sintetases atuais, mas a de ppT permaneceu ribozímica, realizada pelo RNA ribossômico (rRNA) atual.

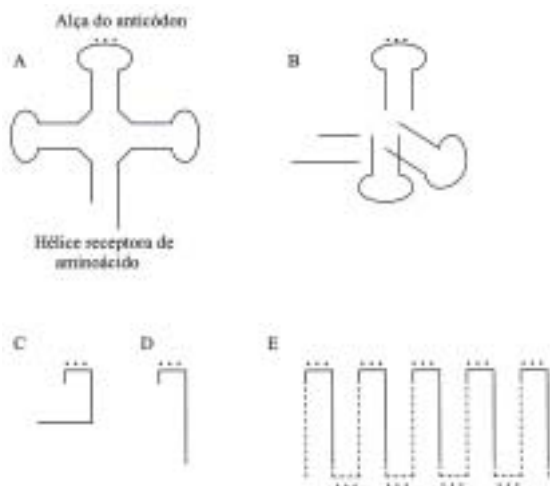
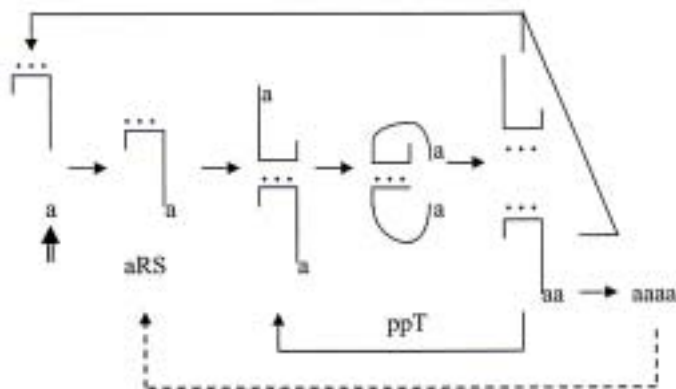
Figura 4:Formação de tRNA e politRNA por alongamento replicativo de tRNA primitivo.

(A) Os tRNA atuais têm cerca de 76 bases, com forma bidimensional em folha de trevo. A constituição por 4 pares de módulos, cada um com 9-10 bases, sugere que um módulo primitivo gerou a forma atual, por replicação alongadora.
(B) A forma tridimensional do tRNA é de um L, com o joelho formado pela superposição das alças intermediárias. O módulo primitivo teria esta forma, simplificada em (C) e estendida em (D).
(E) Modelo esquemático de uma das possíveis conformações de um poli-tRNA primitivo, formado por replicação alongadora do tRNA primitivo, com anticódons enfileirados.
Modificado de Bloch e col. (1984) e Editorial (1985), referências em Guimarães e Moreira (2004).

Figura 5: Modelo do ciclo da síntese de proteínas por dímeros de tRNA, sem mRNA ou rRNA.

A seta dupla indica a entrada de aminoácido (a). O tRNA facilita a catálise da incorporação do aminoácido à sua extremidade receptora (atividade de sintetase, aRS), formando aminoacil-tRNA (a-tRNA). Esses formam dímeros e um dos aminoacil-tRNA transfere seu aminoácido para o outro (atividade de peptidil-transferase, ppT). O dímero se separa em peptidil-tRNA (aa-tRNA) e tRNA. Esse retorna ao início do ciclo. O peptidil-tRNA pode tornar a fazer dímeros e receber adição de mais aminoácidos, alongando o peptídeo. Quando a proteína (aaaa) libera-se do tRNA, esse também retorna ao início do ciclo. Dentre as primeiras funções das proteínas, no sistema de tradução, estão as de ligação e estabilização dos tRNA, e de sintetase (ciclo de linha tracejada). Atualizado de Guimarães e Moreira (2004), ver Guimarães e col. (2006).

O início do processo de tradução seria decorrência da formação de dímeros de tRNA, cada letra formando um par com sua complementar através dos anticódons pareados (Figura 5); os dímeros de tRNA são considerados proto-ribossomos e proto-mRNA (RNA mensageiro). Essa seria a primeira instância de simultaneidade e auto-referência no sistema: dois tRNA são aproximados em uma estrutura estável e, nos anticódons pareados, um é, ao mesmo tempo, códon do outro. Assim, o processo se iniciou como, simplesmente, de síntese de proteínas e não de tradução de uma seqüência complexa como as dos mRNA ou genes atuais; estes não eram pré-existentes. A "tradução" primitiva era somente de letras, cada uma "traduzindo" sua complementar, esta cumprindo a função dos mRNA atuais que foram introduzidos mais tarde. As funções de mRNA e de rRNA, em estágio

intermediário da diferenciação dos componentes do sistema, poderiam ter sido cumpridas por poli-tRNA (Figura 4). Os mRNA seriam cópias dos poli-tRNA que apresentavam anticódons enfileirados.

Passo seguinte foi a estabilização e o "fechamento" do sistema sobre si mesmo (Figuras 5 **e** 6). Sem a última propriedade, o sistema seria meramente dispersivo e dissipativo. As proteínas produzidas precisam ter as propriedades adequadas de se ligar aos RNA que as produziram e estabilizá-los, assim formando o sistema cíclico ribonucleoprotéico. Este adquiriu a propriedade de auto-estimulação, -alimentação ou -catálise. O termo auto- incorpora a qualidade cognitiva, também cíclica, da associação: somente poderiam ser favorecidas funcionalmente as associações em que as proteínas se ligavam aos mesmos RNA que participavam efetivamente de sua síntese.

Finalmente, estabeleceu-se a ordenação das seqüências mais complexas, como vistas nas proteínas atuais. Os aminoácidos mais fortemente ligadores de RNA e que conferem mais estabilidade às proteínas, que compuseram os primeiros produtos fixados no sistema, permaneceram localizados nas cabeças das proteínas. Os outros foram acrescentados a jusante,

Figura 6: **A formação do vínculo nucleoprotéico, nas origens da vida**.

(a) Proteínas que combinaram as propriedades de estabilidade, participação no sistema de sua síntese (auto-referência) e ligação aos RNA que participaram em sua síntese (cognitiva), formaram e estabilizaram o sistema, com a propriedade de auto-alimentação, que é produtiva, conservadora e convergente. Replicação de RNA pode ser atividade independente. Os retângulos indicam os espaços de variação dos componentes.

(b) Genes e produtos são definidos no evento associativo, mútua e concomitantemente.

Antes da associação, cada um seguia seus próprios rumos. (Adaptado de Guimarães, 2002 b)

Na associação,

os RNA, surpresos, “dizem” às proteínas:
essas, também surpresas, “dizem” aos RNA:

compondo porções intermediárias e as caudas das proteínas atuais (GUIMARÃES et al., 2006).

No esquema cíclico, prevalece a simultaneidade, não cabendo a distinção entre precursor e produto. Essa distinção surge quando se descreve o fluxo linear da informação nas células, os genes ou os mRNA como produtores ou fonte, proteínas como produtos. Considera-se mais adequada a categorização da informação, que se tornou sedimentada e estabilizada nas seqüências dos RNA, como memória do sistema. Parece óbvio, mas convém destacar a simultaneidade na origem dos componentes, que só podem ser identificados como tais enquanto o sistema se constitui. Assim, genes e proteínas nasceram juntos e em interdependência, do mesmo modo como se resolve o problema do ovo e da galinha: os ovos que foram postos pelos precursores das galinhas só se tornaram ovos de galinhas quando o ciclo ovo ←→ galinha se estabeleceu. É possível que esse aspecto da biotecnologia evolutiva seja, também, útil para a engenharia neural. Algoritmos e robôs poderiam se beneficiar de procedimentos auto-alimentadores em que o bom desempenho é premiado, simultanea e cognitivamente, com a fixação de sua memória, esta sendo identificada dentre os componentes que participaram efetivamente da produção daquele bom desempenho.

O subsistema genético pode ser representado por um triângulo inscrito dentro do círculo que designa o sistema metabólico (Figura 2). A disposição dos componentes no triângulo indica a ordem de entrada, quando o sistema metabólico se tornou genético-metabólico: (1) o subsistema de síntese de proteínas é derivado de uma parte do metabolismo e, no processo de sua formação, gerou (2) as proteínas que, por associação, identificaram e estabilizaram os (3) ácidos nucléicos que participaram de sua síntese, estes se tornando a memória genética. Ao fim deste processo, uma parte do subsistema de síntese de proteínas se tornou o código genético. Em resumo, os biopolímeros

fundamentais são conectados por duas vias: uma que vincula as seqüências dos monômeros nos genes e nas proteínas pelo subsistema de tradução e outra que associa suas estruturas espaciais por ligações dinâmicas; ambas são igualmente importantes.

A figura do triângulo, o polígono mais simples, tem grande apelo formal e estético. Tais figuras fechadas, assim como seus limites, as formas circulares, podem formar pontos centrais virtuais, seja intuitivamente, por introjeção, como nos procedimentos mentais gestálticos, ou pela confluência de linhas diametrais. Inspiraram as mandalas que foram utilizadas para representação dos conceitos de totalidades unificadas, como nos sistemas místicos hindu (Brahma, Vishnu e Shiva), pitagórico e cristão (a Santíssima Trindade). Os tripés são seus corolários, as mais simples estruturas de sustentação por pilares e que garantem estabilidade sem claudicação, mesmo quando os pilares têm tamanhos diferentes.

Com base nesse tipo de imagens, alguns tentam obter um conceito de vida como entidade singular e de enunciação simples, mas caem no virtual e simbólico do centro de uma totalidade sistêmica, como os centros geométricos de polígonos ou círculos, os centros de gravidade dos tripés ou os atratores de certos sistemas dinâmicos. Outros tentam chamá-la de "propriedade emergente" do funcionamento do sistema, como o olho de vórtices, os sorvedouros de redemoinhos, estes considerados análogos do metabolismo (ver PALAZZO, 1999).

No entanto, parece até depreciativo reduzir um objeto complexo como a totalidade do metabolismo a seu centro virtual. Considero que o termo metabolismo, já sedimentado na bioquímica, pode ter seu sentido ampliado para englobar o conjunto talvez infindável das propriedades da célula e até dos seres vivos mais complexos, assim se tornando bom descritor do processo vital, pelo menos para o uso prático dos biólogos.

Assim, vida é o processo evolutivo observado nos seres vivos, com seus ambientes, individualmente ou em populações. O desenvolvimento individual (que alguns chamam de evolução, em sentido mais corriqueiro) é chamado de ontogênese e a de populações, em linhagens, de filogênese.

A seta grossa na Figura 2 indica a temporalidade própria da dinâmica do processo evolutivo do sistema vivo. O ambiente tem outros componentes dinâmicos, definidores da temporalidade externa (seta fina longa) ou de relação (setas bidirecionais) com a do sistema vivo.

O termo individualizado é utilizado, principalmente, como reforço, por estar implícito na própria possibilidade de se identificar os sistemas, como recortes distinguíveis do entorno ambiental, pelos componentes internos próprios e suas fronteiras demarcatórias. Por outro lado, destaca que não se

deve falar em vida difusa no ambiente. Algumas transformações químicas e energéticas que ocorrem dispersas no ambiente (da cosmoquímica à geoquímica) podem ser relevantes para a origem da vida como fornecedoras de matéria-prima, sendo chamadas de a- ou pré-bióticas. Reserva-se o termo protobiótico para aquelas consideradas como estando em estágio intermediário na formação dos componentes do sistema metabólico, conduzindo diretamente a eles.

SELEÇÃO NATURAL

A evolução biológica é estudada, especialmente a partir de Darwin, como processo natural. O adjetivo "natural" indica que este processo se faz pelos próprios meios da natureza física e química, sem intervenção de outras entidades. Assim, são rejeitadas as propostas criacionistas, que invocam uma ou mais entidades externas, divinas, criadoras das espécies ou dirigentes do processo. Também as propostas vitalistas são desconsideradas, desde que não foram encontradas, até o momento, entidades ou forças especiais, diferentes das conhecidas da física e da química, que os seres vivos possuiriam em seu interior.

Seleção (neo)darwiniana

Contar a história da filogênese ou reconstruí-la é tarefa que permanecerá sempre difícil, desde que as evidências mais diretas, da geologia e paleontologia, especialmente da última, serão sempre fragmentárias. É preciso muita sorte, derivada da necessidade de uma conjunção de várias condições favoráveis, para se obter exemplares fósseis em quantidade razoável. Para muitos tipos de organismos moles, sem carapaças ou esqueletos rígidos, as dificuldades são enormes porque muitos detalhes anatômicos são perdidos, restando aplicáveis somente alguns procedimentos químicos. Mais recentemente, o procedimento algorítmico de quantificar semelhanças e diferenças entre organismos vivos foi muito enriquecido com a tecnologia de determinação das seqüências dos DNA, de modo que já há razoável consenso na construção de árvores filogenéticas satisfatórias, pelo menos quanto a seus aspectos mais gerais.

A teoria dominante para a explicação das forças envolvidas no processo evolutivo é a neodarwiniana (TND). Parece-nos que está bem sedimentada (MAYR, 1982), mas permanecerá sempre em processo de contínua correção e revisão (ver, por exemplo, STERELNY e GRIFFITHS, 1999). O projeto

darwiniano, do século anterior, não continha os detalhes da genética moderna, construída a partir do início do século XX, após o resgate do trabalho de Mendel. Tornou-se "neo" com a adição desta, especialmente da genética da dinâmica de populações. Já alcançou idade adulta, após passar pela fase heróica (adolescente) de afirmação, e a principal questão atual é de demarcar seus alcances e limites. Em resumo, pode ser descrita como o processo de reprodução diferencial dos componentes (indivíduos e grupos) de populações, que são sempre distintos entre si, em graus diversos, em interação com ambientes (contextos), também diferentes (os ambientes e as interações) para cada componente e a cada momento (**Quadro 2**). São usados os termos de taxa reprodutiva reduzida (seleção negativa), balanceada (mista) ou acentuada (seleção positiva). São facetas diversas do mesmo processo. Algumas variedades, dentro das populações, têm mais sucesso reprodutivo que outras. Algumas mudanças serão graduais, outras mais abruptas, podendo explicar a formação de novos táxons, ainda que os mecanismos não sejam bem conhecidos em detalhes para, talvez, a maioria dos casos. Evolução passou a significar modificação de tipos e freqüências gênicas através das gerações.

Quadro 2: Algumas propriedades do processo evolutivo

Caracteres	Prejudiciais	Intermediários e mistos	Benéficos
Seleção	Negativa	Dependente de contextos diversos e superpostos, no espaço e no tempo	Positiva
Direção	Específica	Variável	Específica
Organismos	Descartados	Sobreviventes	
Melhoria	-	Possível	

O fulcro mais forte da teoria é o processo de seleção natural. Se a evolução é considerada natural, não seria necessário repetir o qualificativo para o processo de seleção. No entanto, pode-se justificar a repetição como artifício de reforço ou para distingui-la da seleção artificial, que é praticada pelos melhoristas e hibridadores, com dedicação agronômica ou veterinária, com o propósito (teleológico) de obter novas variedades de seu interesse.

No âmbito social e cultural, superpõem-se direcionamentos e intencionalidades, típicos da teleologia humana. Acrescentam-se, também, processos lamarckianos, de herança de caracteres adquiridos e implementados pelo uso. O termo seleção, no entanto, chegou a ser aplicado a essa área por Popper (1976), falando das idéias e teorias que, no confronto com outras, podem ser mantidas, modificadas ou eliminadas pelas comunidades que as usam.

Uma das fontes do raciocínio sintético de Darwin foi a analogia com a seleção artificial. Seguindo a analogia, com certos vestígios de antropomorfismo, indicou-se que a seleção seria praticada por um agente externo, identificado com o ambiente natural, o agente selecionador que, por interação com a variação pré-existente, resulta no processo evolutivo.

Um bom número de exemplos de processos evolutivos é conhecido, com identificação dos agentes seletivos externos (ENDLER, 1986). No entanto, podem não ser a regra geral. Suspeita-se que, na maioria dos processos, agentes seletivos singulares não serão identificados. Assim, os agentes seletivos e, em grau ainda maior as interações, são complexos e múltiplos. Mudanças são a evolução; interações positivas e produtivas indicam a adaptação ou podem implementá-la; interações negativas ou improdutivas resultam em deficiência reprodutiva, doença ou morte. A indefinição decorrente das dificuldades de identificar os agentes seletivos é um dos fatores que levam a se questionar a validade geral do mecanismo proposto. Pode-se, ainda, dizer que as adaptações observadas, como adequação entre os caracteres e comportamentos dos seres vivos e o ambiente em que vivem, seriam somente o resultado do processo complexo, cujos mecanismos ainda não foram adequadamente esclarecidos, sendo a seleção somente uma das possibilidades.

Dentre os outros componentes introduzidos pela TND, o principal foi a definição dos processos de origem das mutações. A grande maioria dessas é de origem espontânea e, mesmo quando induzidas por agentes mutagênicos, são consideradas aleatórias em relação às necessidades dos organismos (GUIMARÃES, 2001), ou seja, sua ocorrência, local e temporal, é determinada por fatores independentes dos que regem a fisiologia. Daí o título do famoso trabalho de Monod (1971), *O acaso e a necessidade*. As mutações e a recombinação incidem sobre os genes indistintamente de sua localização nos cromossomos ou de suas conseqüências funcionais. São, também, chamadas de pré-adaptativas, no sentido restrito de antecederem o processo adaptativo. Este seria obtido pela seleção.

Acrescentaram-se alguns outros mecanismos, como o fluxo gênico (miscigenação) e deriva genética. Não são produtores de reais novidades genéticas, trabalham somente sobre as pré-existentes, mas o fluxo gênico pode produzir novos conjuntos e arranjos genômicos, até híbridos interespecíficos que se tornam novas espécies.

A deriva genética se tornou muito valorizada ao se observar que grande parte das radiações evolutivas (ramificações de novas espécies a partir das ancestrais) se formou por diferenciação de grupos marginais das populações originais. Os componentes centrais (medianos, médios ou modais) dessas são numerosos e apresentariam mais tendência à estabilidade, por tamponamento derivado de recombinações dentro de suas grandes populações, mantendo as

novidades sempre minoritárias e de pouco efeito sobre o conjunto. Pelo contrário, em populações pequenas, a deriva pode alterar drasticamente a constituição de gerações futuras. O efeito é semelhante ao da “estatística precária”, que pode ser defeituosa ou enganosa, decorrente de amostragem inadequada: tomar amostras pequenas de uma população, em relação à distribuição das variações presentes, pode fornecer descrição errônea. Assim, pequenas populações, geralmente periféricas da original, poderão seguir percursos evolutivos novos, desde que seus genótipos podem diferir muito dos da população original. Nas modelagens, destaca-se o percurso errático desses processos, de onde vem o termo deriva. Nesses casos, modificações de freqüências gênicas podem ser obtidas sem o envolvimento de seleção.

AMBIENTE E FRONTEIRAS

Além de, em muitos casos, não se poder detalhar os componentes ambientais que se envolveram no processo interativo de sobrevivência e evolução, não se deve radicalizar a ponto de querer defender a onipresença explícita da participação ambiental no processo ou propor sua participação forte.

Um organismo pode ser acometido por defeito tão grave em suas estruturas (por exemplo, perda de parte essencial de seu genoma) que se tornaria incapaz de sobreviver e prosseguir em, praticamente, qualquer ambiente. Nesses casos, torna-se irrelevante a proposta de que as interações com o ambiente se tornaram improdutivas e ocorreu seleção negativa. Conseguir-se-ia imaginar um ambiente que poderia ser adequado para a sobrevivência do organismo tão danificado, para se poder dizer que a causa da morte foi a falta de interações adequadas, ou seja, algo que não ocorreu pode ter causado o evento?

A proposta de que o nicho ecológico é definido pelo organismo é razoável. Um ambiente desabitado não é um nicho vazio; deve ser considerado somente espaço, ficando difícil sustentar o argumento de que era nicho potencial, futuro, aguardando a chegada dos organismos. Quantas espécies teriam o potencial de ocupá-lo? É, também, aceitável a asserção de que uma espécie e seu ambiente característico formam um conjunto indissolúvel, “andam juntos” e com interdependência estrita (LEWONTIN, 2000).

Por outro lado, também essa argumentação não deve ser radicalizada. É de utilidade manter-se a separação ou distinção organismo-ambiente, desde que a grande maioria dos organismos não seja especialista. Os organismos são facilmente demarcados do ambiente por fronteiras estruturais, mas sua plasticidade funcional é, em geral, ampla o suficiente para tornar difícil a demarcação do entorno que lhe é característico. Quando se examinam grupos

ou populações, também suas fronteiras são difíceis de demarcar; às vezes, é complicado até delimitar os grupos que compõem uma espécie.

Uma saída para os impasses em que freqüentemente desembocamos, quando tentamos produzir definições ou conceitos mais precisos em biologia, deve ser a de sempre utilizar o procedimento clássico de listagem, seguido de classificações e ordenações, cada um sob critérios diversos, à busca de obtenção de conjuntos de critérios mais abrangentes e consensuais. Em geral, obteremos ordenações segundo níveis de complexidade e evolutivas, que poderão se mostrar satisfatórias. Outra seria a de se adotar abordagens sistêmicas. Seria interessante, por exemplo, tentar demarcar os seres vivos como um sistema que faz parte de outro maior, composto por aqueles e seus ambientes, que fazem parte de outro maior, um ecossistema, este sendo parte de outro ainda maior e assim por diante? O problema de demarcação de fronteiras, em cada instância, será um dos passos prioritários para a resolução.

As interações com o ambiente são, também, de qualificação problemática. O ambiente necessário às bactérias autotróficas pode ser resumido a gases, água e minerais. Seria útil dizer que os organismos "se comunicam" com esse recorte tão simples do ambiente físico? O quanto de intercâmbio de informação ocorre nesses casos, quantas metáforas seriam necessárias ou razoáveis? A ampla aplicação da Semiótica de Peirce (SILVEIRA, 2000; EL-HANI e VIDEIRA, 2000), que também incorpora um pensamento evolutivo, leva à pergunta de quando, a partir de quais limiares de complexidade no percurso, surgiram os signos, com toda sua plêiade de componentes, após o *big bang* cosmológico? (consultem-se as referências nas citações acima, para o esclarecimento desta questão).

SELEÇÃO POSITIVA E NEGATIVA

No contexto da TND, a parte endógena dos mecanismos evolutivos, na geração da variação a ser selecionada, não conseguiu fornecer evidências de algum tipo de direção que pudesse explicar o percurso de aumento de complexidade observado na natureza. A variação genética era considerada aleatória, mas agora se deseja procurar algum tipo de sentido no componente endógeno, nas atividades intrínsecas dos seres vivos.

Alguns argumentam que a seleção é processo suficiente para explicar a criatividade observada na evolução biológica, mas não são plenamente convincentes (ver discussão em MAYR, 1982). Na maioria das observações, é fácil identificar o aspecto negativo – qual foi o fenótipo prejudicado – nas suas interações e no seu desempenho. No entanto, não é fácil identificar os

beneficiados. Em geral, em decorrência da diversidade dos sobreviventes e de sua plasticidade, os que podem se beneficiar são muitos e de modos diversos. Assim, o resultado de uma seleção negativa, com respeito aos que poderão ser beneficiados positivamente, não pode ser previsto com precisão e não apontaria para direção alguma.

Outros dizem que o mero fato de se ter que conviver, por tempos longos, com ambientes diversificados, levaria inevitavelmente à complexidade, por acumulação de atributos desenvolvidos nas experiências interativas. O processo comum de acúmulo de duplicações gênicas (OHNO, 1970), que segue o princípio geral de predominância anabólica, seguido de divergências entre as cópias redundantes, seria um componente endógeno importante no processo.

Os valores atribuídos ao desempenho do sistema em decorrência da posse de certos caracteres são, com freqüências menores, absolutamente prejudiciais (ex.: perdas de funções essenciais, bloqueios metabólicos severos) ou benéficos (ex.: duplicações gênicas para anabolismo ou crescimento). Mais freqüentemente, os prejuízos ou benefícios são relativos, porque dependem de contextos orgânicos e ambientais. Muitos duvidam da existência de caracteres absolutamente neutros em prazos longos.

Somente os caracteres absolutamente prejudiciais ou benéficos demonstram direção na atuação da seleção. Mais freqüentemente, o processo é descrito como não-direcional, porque os efeitos fenotípicos são relativos a contextos cambiantes, por agentes múltiplos e superpostos. Alguns casos de direção consistente, como os acumulativos ou progressivos, são explicados pela permanência prolongada de ambientes estáveis em algum sentido definido. Parece que o único sentido plenamente defensável, endógeno ao processo biológico, é o do crescimento e da expansão.

Quando os erros cometidos são graves, não é possível aos organismos em que incidiram contribuir para o aprendizado evolutivo dos sistemas populacionais, porque serão descartados. Somente os sobreviventes podem melhorar o desempenho, por acúmulo e reforço das constituições que "deram certo de alguma maneira". Nem sempre o melhor em certo contexto continuará melhor em contextos futuros. A regra geral é de privilegiar a manutenção (nem sempre a ampliação), em graus razoáveis ou "equilibrados" (como quantificar?) de plasticidade, diversidade e combinatoriedade, que se resumem nos conceitos complexos de adaptatividade, e de capacidade para gerar e suportar novidades evolutivas (evolutividade). Permanecem tanto os rápidos e mais dependentes de mutações (como as bactérias) quanto os lentos e mais hábeis reguladores (como os eucariontes). Também o papel da competição deve ser qualificado, porque pode ser destrutivo e desestabilizador. Sobrevive a competição "sadia", com emulação mútua e interdependência, construindo os ecossistemas

complexos, que podem ser considerados análogos aos sistemas sociais. É freqüente, no raciocínio evolutivo, contaminação por preceitos da área econômica, dizendo que são beneficiados os mais eficientes no uso de recursos escassos, mas é necessário cuidado: mesmo em bactérias, que apresentam genomas reduzidos, há muita redundância funcional e disponibilidade de vias alternativas múltiplas; em eucariontes, a redundância é exagerada e a produção de excesso de gametas e filhos a regra.

Por certo, há casos, talvez não muito freqüentes na natureza, em que se montam sistemas de observação simples, com poucos interagentes, nos quais os resultados obtidos serão obviamente dirigidos e específicos. Por exemplo, no caso clássico da malária, se somente são estudadas as hemoglobinas A e S, é fácil concluir por efeitos "específicos", a favor do genótipo AS, quando os indivíduos AA são prejudicados pelo parasitismo forte e os SS pela deficiência intrínseca das hemácias. No entanto, é sabido que nas interações entre organismos tão complexos, hospedeiro e parasita, os focos de conflito ou benefício são múltiplos. Assim, vários outros já foram identificados, com destaque para outros caracteres das hemácias, como outras hemoglobinas e componentes de superfície, em interação com as várias formas de malária. No caso das hemoglobinas A e S, pode-se explicar mais direta e parcimoniosamente o processo como sendo somente negativo, contra os AA e os SS. O resultado a favor dos AS seria secundário e, conseqüentemente, indireto. Parece-nos inconsistente ou contraditório dizer que os AS são favorecidos porque seu parasitismo é menos intenso do que nos AA; os que querem falar em seleção positiva, a favor desses, dizem que eles são mais resistentes que os AA; novamente, é mais esclarecedor dizer que sofrem menos seleção negativa que os outros.

Não se pode negar, por outro lado, casos também não majoritários, de seleção positiva, direcional ou específica. Quando uma espécie se extingue, seus nutrientes restarão disponíveis para outras. Na maioria das vezes, a extinta e as extantes não são estritamente especializadas, mas plásticas, não se observando direcionamento. Algumas vezes, no entanto, uma das extantes pode ser especializada e será dirigidamente beneficiada. Alguns tipos celulares podem responder a estímulos específicos, como fatores de crescimento. É razoável dizer-se que a presença desses promove seleção positiva, a favor de suas células-alvo, em detrimento das que não possuem receptores para os tais fatores de crescimento.

A seleção neuronal, proposta por Edelman (1988), refere-se a uma situação ontogenética e combina aspectos positivos e negativos. Os neurônios que estabeleceram sinapses produtivas (reforçadas pelo uso) serão mantidos e expandidos; aqueles cujas conexões não se envolveram em redes ativas serão abandonados ou induzidos especificamente (por apoptose) à morte.

O ENDÓGENO

Resta a insatisfação resumida na asserção, basicamente intuitiva, de que um processo eminentemente produtivo e criativo, como o biológico, não poderia ter sido desenvolvido somente através da seleção, que é primariamente destrutiva e não-direcional, cega em relação às necessidades adaptativas futuras, e superposta à variação aleatória.

Questiona-se a própria noção de processo adaptativo, dizendo-se que adaptação, talvez melhor dito, aptidão, é condição essencial de existência do ser vivo, portanto, sempre vigente, não sendo um processo a ser desenvolvido. Pode haver mudanças, essas evolutivas, nos modos de estar, mas sempre se está apto e adaptado, ou doente, em vias de morrer.

Assim, passa-se a dedicar mais atenção aos processos endógenos de produção de variantes, alguns dos quais poderiam ser promotores de tendências e, talvez, direcionadores da evolução, mas sem retornar ao vitalismo. As propostas principais adotaram o prefixo "auto" como indicativo do endógeno. São ainda recentes, de modo que nossa posição frente a elas pode ser pouco informada ou parcial. Trataremos somente de alguns tópicos que nos parecem mais relevantes, no momento, sem pretender exaurir o tema. Podemos referir a Teoria da Autopoiese (TAP), capitaneada por Maturana (MATURANA e VARELA 1980, MATURANA e MPODOSIS 1992), e a Teoria da Auto-organização (TAO). Esta última tem várias fontes, mas poderemos nos concentrar nas formulações de Debrun (1996 a, b) e nas modelagens detalhadas de Kauffman (1995).

O mecanismo evolutivo proposto pela TAP é o de deriva fenotípica (MATURANA e MPODOSIS, 1992). Várias outras críticas da TAP à TND foram incorporadas em outros tópicos deste texto. A leitura que faço da TAP preserva tendências derivadas da formação de geneticista interessado na TAO, mas acho mais interessante o diálogo do que a mera tradução literal da proposta original. Um ser vivo (ou suas populações) é um sistema funcional plástico, possuidor de certo grau de potencial de variação fenotípica. A variação decorre das configurações diferentes que suas redes internas e interativas podem assumir. Pode-se fazer analogia parcial do processo com as diferenciações citológicas (envolvendo células somáticas) em organismos multicelulares (ontogenéticas), que atingem números elevados (mais de 200, em mamíferos) e estabilidade prolongada (até séculos), sem mudanças de constituição genética. Tal processo poderia ocorrer em situações filogenéticas (agora envolvendo gametas e embriões), promovendo a formação de populações distintas, em radiação que poderia ser geradora de novas configurações ecológicas e novas espécies. Mudanças genéticas não são necessárias para instalação do processo

e, quando são observadas, seriam posteriores a essa deriva fenotípica. A analogia ontogenética é parcial, porque as diferenciações dentro de um organismo multicelular são muito interdependentes umas das outras, formando conjuntos coerentes ou convergentes. Na filogênese, há maiores graus de liberdade, possibilitando o uso do termo deriva, com as divergências importantes das especiações. Ainda mais, ambos os tipos de deriva, dos genótipos e dos fenótipos, pouco acrescentam à explicação para o surgimento de reais novidades evolutivas.

Penso poder englobar algumas das contribuições mais importantes da TAO como identificadoras da formação espontânea de atratores dinâmicos (por exemplo, estruturas circulares) no interior de sistemas interativos (Figura 3). Emprego o termo em sentido amplo, como estruturas que se organizam no interior de uma coletividade de elementos distintos (não idênticos entre si), por seus próprios meios interativos, sem direcionamento por entidades externas (caso em que seriam hetero-organizadas). Tais estruturas tornam-se estáveis em algum grau e o sistema passa a tomá-las como "centros de referência" de pelo menos algumas de suas atividades e interações. Uma parte das interações e da dinâmica do sistema conflui com maior freqüência nesses centros, o que permite chamá-los de atratores, nós ou núcleos de referência. A estabilidade de tais estruturas decorre, em parte, de sua freqüente ativação proveniente de outros pontos da rede de interações, mas principalmente de auto-ativação, -sustentação e -alimentação, com reaproveitamento de produtos e substratos. A estabilidade permite chamá-las, também, de centros de memória (GUIMARÃES, 1998). A dinâmica desses centros é do tipo conservador, ao contrário das cadeias lineares, dispersivas.

Um modelo NK para a geração de tais estruturas foi explorado por Kauffman (1995) através de lógica booleana. O sistema é composto de elementos interativos (por exemplo, enzimas, ribozimas) com pelo menos duas entradas e duas saídas (substratos e produtos, respectivamente). A conectividade múltipla representa os graus de afinidade ou especificidade (ou seu reverso, plasticidade), seja nas catálises ou em outras propriedades, como ligações intermoleculares em geral. A ativação de um elemento desencadeia séries de reações que se propagam no sistema. Para cada tamanho (N, número de elementos) e características de conectividade (K) do sistema, pode ser calculada a probabilidade do surgimento, dentro da rede, de estruturas "circulares", entremeadas e inter-relacionadas com as cadeias lineares. Toda rede ou teia possui ciclos, à imagem das casas dos papéis quadriculados dos desenhistas e das bordadeiras. Quando esses são numerosos, as redes podem ser consideradas como conjuntos de ciclos interconectados, chamados de hiper-ciclos (EIGEN e SCHUSTER, 1979). O fechamento operacional em ciclos é dinâmico, porque os elementos comunicam-se por substratos e produtos difusíveis.

Pode-se falar em memória (memória em ciclos; GUIMARÃES, 1998, 2002 c), também porque os ciclos de auto-ativação foram formados a partir de estímulos externos, mas esses podem ser abandonados e não serem mais necessários para o funcionamento do ciclo. Sua atividade como que rememora o estímulo original, como se o passado permanecesse presente.

Outra propriedade interessante dos ciclos decorre da possibilidade de temporalidades múltiplas e reversíveis. Os ciclos podem ser ativados a partir de qualquer elemento e o percurso pode ser percorrido para diante ou para trás, assim eliminando a necessidade de sucessão estrita das cadeias lineares. Esses componentes da memória podem se tornar, então, liberados de certas amarras e seu funcionamento autônomo gerar novidades, com certo grau de criatividade (GUIMARÃES, 2001).

Modelos desse tipo podem ser aplicados, de modo simples, aos ciclos metabólicos (o dos ácidos tricarboxílicos seria o mais conhecido e evidente, nos mapas metabólicos) e, mais complexamente, às redes sinápticas dos sistemas neurais e até aos processos de diferenciação celular e à filogênese. São metodológica e processualmente detalhados, e também podem ser tomados como alternativas mais moderadas à deriva fenotípica radical. Poderiam ser incluídos nesse contexto, dentre outros cuja listagem se tornaria por demais extensa, os casos bem conhecidos dos impulsos moleculares e meióticos (LYTTLE, 1991; VILLENA e SAPIENZA, 2001; HURST e WERREN, 2001), da regionalização cromossômica em *isochores* (com composição de bases peculiares e várias propriedades funcionais distintas; BERNARDI, 1995), muito evidente nos mamíferos e aves, e do acoplamento entre duplicações gênicas e regiões de elevada atividade de transcrição (LI, 1997).

Segundo a categorização dos processos de auto-organização (AO; DEBRUN, 1996 a, b) em primários (geradores de “formas” realmente novas) e secundários (gerando novas formas no interior da primária, mas subordinadas a ela e sem alterar sua “forma” básica), poder-se-ia colocar a origem espontânea da célula viva como evento de AO primária, enquanto todo o restante da evolução biológica, da árvore filogenética às diferenciações ontogenéticas, configuraria uma sucessão de eventos de AO secundária (PEREIRA JÚNIOR e cols., 1996), a passarem pelos crivos da seleção natural.

As dificuldades de comunicação interteórica tornam-se muito evidentes quando a unicidade da “árvore da vida” conhecida (toda nucleoprotéica) é interpretada: a TAP rejeita a ocorrência de AO, dizendo que a organização da entidade autopoiética não mudou; a TAO indica a ocorrência de eventos de AO secundária, dentro de uma primária, que não foi mudada. Fica óbvio que os termos estrutura e organização estão sendo utilizados com sentidos diversos e conflitantes.

REPLICAÇÃO E REPRODUÇÃO

Os seres vivos são sistemas metabólicos que crescem e se reproduzem. A fissão da célula é conseqüência necessária do crescimento, desde que as forças de tensão superficial não são suficientes para manter coesos os agregados muito volumosos. Reprodução é do sistema celular inteiro. Somente o material genético é replicado, à moda de cristais, por regras estritas de complementaridade das bases. A reprodução desenvolveu a regularidade de seguir a duplicação dos cromossomos, a serem divididos entre as células filhas. A redundância cromossômica é a mínima (dupla) e sua repartição é mais precisa. Por outro lado, os subsistemas com membranas têm que crescer, as organelas são multiplicadas, todas estruturas têm que produzir redundâncias para que possam ser repartidas em porções aproximadamente iguais nas filhas, sem perdas importantes. Na fissão do citoplasma, a distribuição das partes entre os filhos é probabilista, com certo grau de irregularidade. Esses serão somente semelhantes entre si, ainda que sejam clones, como os gêmeos monozigóticos.

Considero que chamar os seres vivos de replicadores, com óbvia referência ao papel central dos genes, acrescentou mais confusão do que benefícios à discussão. Dawkins (1982) é o mais conhecido inspirador da idéia, mas ele mesmo percebeu os mal-entendidos e promoveu várias modificações. Estamos no fim da era da genética, com a proliferação dos projetos genomas, e passando para a era dos sistemas funcionais. Ao longo do século XX, os genes foram supervalorizados, culminando em genecentrismo radical, que gerou a proposta hiper-reducionista, no mau sentido de tentar reduzir os organismos a veículos dos genes. Chegamos agora à necessária conclusão, desde há muito proposta, mas ainda não plenamente valorizada, de que genes são partes dos sistemas celulares, ainda que importantíssimas, mas somente partes (PARDINI e GUIMARÃES, 1992; GUIMARÃES, 1992; GUIMARÃES e MOREIRA, 2000).

Segundo a linha de pensamento de Dawkins (1982), os vírus também seriam considerados seres vivos e os mais eficientes replicadores dentre todos. As células, com seu metabolismo, somente seus ambientes, hospedeiros altruístas ingênuos. Os genes e algumas partículas com propriedades virais (como os viróides) podem ser constituídos somente por ácidos nucléicos nus, sem as proteínas dos capsídios dos virions completos, e seriam hiper-egoístas (HURST e WERREN, 2001), os superparasitas. Nota-se nítida conexão com as ideologias individualistas, tão valorizadas em nossa época de capitalismo selvagem neoliberal.

NAS ORIGENS

A discussão sobre a primazia dos genes ou das proteínas na constituição do sistema vivo, mais recentemente colocada no RNA, parece colocação típica do ideário ocidental, de querer encontrar uma origem singular para tudo, incluindo a evolução do universo e da vida. Tenta-se levar o confronto entre tais hipóteses polares para os estudos sobre as origens da vida, mas parece-nos que o erro está na própria hipótese de polaridade (o célebre dilema do ovo e da galinha), que sempre esbarrará em dificuldades. A solução que propomos é sistêmica, nem genecêntrica nem proteinocêntrica. Indica-se o óbvio: nos seres vivos conhecidos (nucleoprotéicos), a definição do sistema só pode ser obtida pela própria associação nucleoprotéica (GUIMARÃES, 2002a-c).

Nem o mundo somente nucléico nem o protéico teriam condições de sustentação com estabilidade evolutiva, que são garantidas, respectivamente, pelo metabolismo e pelo subsistema genético. Ambos, proteínas e ácidos nucléicos, são polímeros de elevado custo energético e sua formação continuada e abundante exigiu um protometabolismo eficiente. Este ainda está a ser descrito, nas tentativas de reconstrução de modelos plausíveis para a condição protobiótica.

É possível que o metabolismo biótico, do sistema nucleoprotéico, tenha acrescentado novidades e diferenças importantes em relação ao protometabolismo, mas deve ter se assentado em congruência com este último, mantendo certo grau de continuidade evolutiva, o que permite o projeto de se estudar uma origem da vida a partir do universo físico e químico.

Tanto o mundo dos RNA como o das proteínas são construções metodológicas importantes, mas sabe-se que a natureza sempre foi mista, "suja". A química tem enormes dificuldades em trabalhar com reagentes "impuros", mas esses são os naturais. Antes do mundo biológico monoquiral e baseado no código genético (GUIMARÃES e MOREIRA, 2002, 2004; GUIMARÃES et al., 2006), os peptídeos e oligonucleotídeos devem ter coexistido em período longo de ajuste e acomodação mútuos, possivelmente no interior de microambientes semifechados (sistemas protometabólicos), onde ocorriam em concentrações elevadas.

Um cenário pode ser montado para o processo associativo (Figura 6). Proteínas e ácidos nucléicos estavam sendo polimerizados, com participação de ambos, produzindo amplo "espaço de variação" de suas estruturas. Os ácidos nucléicos envolvidos diretamente com a síntese de proteínas são RNA, intrinsecamente instáveis. Dentre as proteínas produzidas, algumas manifestaram propriedades de estabilidade e de ligação a RNA. Assim, formaram-se os complexos nucleoprotéicos, estabilizados pelas proteínas.

Quando a associação tornou-se cognitiva, formou-se um ciclo de realimentação e suporte mútuo. A propriedade cognitiva ocorreu quando as proteínas, que eram sintetizadas com participação de alguns membros de uma classe de RNA, foram capazes de se ligar com grau adequado de afinidade àqueles mesmos membros da classe de RNA. Nesse momento, os RNA foram reconhecidos como os genes daquelas proteínas e as proteínas como os produtos daqueles genes. Um encontro feliz, produtivo. Os genes tornaram-se estruturas de memória, para polimerização repetitiva de proteínas, importantes para estabilização de linhagens.

AUTO-ORGANIZAÇÃO E SELEÇÃO MOLECULAR

No nível molecular, é notória certa ambigüidade no uso dos termos auto-organização e seleção. As interações entre os catalisadores e seus substratos e produtos, entre partes dos polímeros para aquisição de estruturas espaciais, ou entre os polímeros na formação de agregados, são espontâneas (daí, auto-), decorrentes de afinidades químicas.

As conexões moleculares sempre apresentam algum grau de especificidade ou determinação, ou seus complementares, plasticidade e indeterminação. A especificidade da ligação, como qualquer outro processo com certo grau de determinação, poderia ser chamada de seletiva, mas não no sentido darwiniano: algumas moléculas são "escolhidas", em detrimento de outras, para participarem do sistema; são "pescadas" de dentro de uma solução, ou "capturadas", mas o processo permanece descrito pela química com o termo afinidade.

Na auto-organização de sistemas moleculares, componentes são integrados, associados, encaixados, montados, ajustados uns a outros. Cada conexão é bidirecional, o encaixe é mútuo, entre cada um novo e cada outro pré-existente. Nas associações em cadeias, deve haver pelo menos duas conexões, uma para cada lado. Cadeias são comunicantes com outras, formando redes contendo ciclos, e os elementos nodais têm mais de duas conexões.

No entanto, estudiosos de ribozimas têm tentado expandir a aplicação do termo seleção para o âmbito molecular. Quando moléculas replicadoras produzem variantes por mutação, com diferentes aptidões para replicação, o processo tem sido chamado de evolução darwiniana. Se processo semelhante pode ocorrer com quaisquer estruturas replicadoras, como cristais, a expansão da aplicação dos termos seleção ou darwiniana torna-se perigosa, promovendo mais confusão e mais dificuldades conotativas. Será que até as propriedades interativas dos catalisadores, que lhes conferem variação nas afinidades por

substratos ou nos tipos ou quantidades de produtos, passarão a ser chamadas de seleção natural de substratos ou, as mais eficazes, melhoradas?

Poder-se-ia tentar preservar o uso original do termo seleção, restrito aos objetos próprios da biologia, os seres vivos? Talvez seja inevitável a expansão de seus significados, caso em que será necessário qualificar com precisão cada âmbito e sentido de utilização: natural ou artificial, de organismos, vírus, moléculas, idéias (memes) etc. A evolução química também possui seu próprio vocabulário.

Esse processo poderia ser chamado de "evolução dos significados" atribuídos aos termos da linguagem, palavras ou outros símbolos, estes podendo ser referentes aos radicais físicos e químicos. Os neurônios estão sendo chamados, cada vez mais, de "processadores de símbolos ou códigos" (ROCHA, 1997; CARIANI, 2001), em vez de células comunicantes através de sinais eletroquímicos, e os organismos repletos de "códigos" (BARBIERI, 2003; GUIMARÃES, 2003). Há muito ainda a ser feito nessa área de contatos interdisciplinares, para que se possam criar canais de entendimento mútuo, com traduções e importações que possam produzir mais clareza e menos ambigüidade.

Pode ser interessante considerar diversos níveis dos processos evolutivos, em ordem crescente de complexidade, os superiores respeitando e dependendo dos inferiores. Dentre várias possibilidades de critérios classificatórios, oferecemos um exemplo (Quadro 1), baseado nos mecanismos de obtenção de estabilidade, ainda que tendencioso pelo destaque conferido aos processos de interesse biológico.

(a) Baseados somente em estabilidade físico-química das estruturas formadas, alcançando até o alongamento de polímeros e membranas, com crescimento por aposição ou adsorção. É predominante, nesta classe, a evolução química, até os casos das microesferas de proteinóides e das vesículas.

(b) Baseados em replicação, como nas placas de cristais ordenadas e superpostas, ou nos fios dos ácidos nucléicos.

(c) Baseados em metabolismo, com crescimento "por dentro", por transformações e acúmulo interno. Há diversas linhas de pesquisa tentando obter (c) a partir de (a) ou (b), seja por enclausuramento de catalisadores ou replicadores em coacervados ou em vesículas, ou tentando obter metabolismo a partir de agregados protéicos.

(d) Baseados na reprodução diferencial e na seleção darwiniana.

AGRADECIMENTOS

Suporte de CNPq e FAPEMIG; comentários de Sávio Torres de Farias.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B, Bray, D, Lewis, J, Raff, M, Roberts, K, Watson, JD, *Molecular Biology of the Cell*, New York, EUA, Garland, 1994.

BARBIERI, M, *The Organic Codes - an introduction to semantic biology.* Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press, 2003.

BERNARDI, G, The human genome: organization and evolutionary history, *Annual Review of Genetics*, 29, 445-476, 1995.

CANGUILLEM, G, *Le Normal et le Pathologique*, Paris, França, Presses Universitaires de France, 1966.

CARIANI, P, Symbols and dynamics in the brain, *Biosystems* (Special issue, 'Physics and evolution of symbols and codes'), 42 p. (www.cariani.com), 2001.

DAWKINS, R, *The Extended Phenotype*, Oxford, Inglaterra, Freeman, 1982.

DEBRUN, M, A idéia de auto-organização. In: *Auto-organização – estudos interdisciplinares*, Ed. Debrun, M, Gonzalez, MEQ, Pessoa Júnior, O, Coleção CLE 18, Campinas SP, Brasil, UNICAMP, p. 3-23, 1996a.

DEBRUN, M, A dinâmica da auto-organização primária. In: *Auto-organização – estudos interdisciplinares*, Ed. Debrun, M, Gonzalez, MEQ, Pessoa Júnior, O, Coleção CLE 18, Campinas SP, Brasil, Ed. UNICAMP, p. 25-59, 1996b.

EDELMAN, GM, *Topobiology*, New York, EUA, Basic Books,1988.

EIGEN, M, Schuster, P, *The Hypercycle - a principle of natural self-organization*, Berlin, Alemanha, Springer, 1979.

EL-HANI, CN, EMMECHE, C, On some theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience, and downward causation, *Theory in Biosciences*, 119, 234-275, 2000.

EL-HANI, CN, VIDEIRA, AAP, *O que é Vida?*, Rio de Janeiro RJ, Brasil, Relume Dumará, 2000.

ENDLER, JA, *Natural Selection in the Wild*, Princeton NJ, EUA, Princeton University Press, 1986.

GERHART, J, KIRSCHNER, M, *Cells, Embryos, and Evolution*, Malden MA, EUA, Blackwell, 1997.

GUIMARÃES, RC, Systemic approaches in genetics, *Ciência e Cultura*, 44, 314-319, 1992.

GUIMARÃES, RC, A base celular dos ciclos de memória. In: *Encontro com as Ciências Cognitivas 1B*, Ed. Soarees, AB, Campos dos Goytacazes RJ, Brasil, Ed. UENF, p. 17-24, 1998.

GUIMARÃES, RC, O certo e o duvidoso: como é possível a biologia. In: *Encontro com as Ciências Cognitivas 3*, Ed. Gonzalez, MEQ, DelMasso, MCS, Ed. Piqueira, JRC, Marília SP, Brasil, Ed. UNESP, p. 47-69, 2001.
GUIMARÃES, RC, A short definition of life, as of April 06, 2000. In: Short definitions of life, p. 14-55 (The Editors), *Fundamentals of Life*, Ed. Pályi, G, Zucchi, C, Caglioti, L, Paris, França, Elsevier, p. 33, 2002a.
GUIMARÃES, RC, An evolutionary definition of life: from metabolism to the genetic code, In: *Fundamentals of Life*, Ed. Pályi, G, Zucchi, C, Caglioti, L, Paris, França, Elsevier, p. 108-195, 2002b.
GUIMARÃES, RC, Vida, In: *Universos do Conhecimento*, Ed. Martins, RP, Mari, H, Belo Horizonte MG, Brasil, Ed. Fac. Letras UFMG, p. 149-200, 2002c.
GUIMARÃES, RC, Book Review: Barbieri, M, The Organic Codes – an introduction to semantic biology, Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press, 2003, *Genetics and Molecular Biology*, 26, 105-106, 2003.
GUIMARÃES, RC, Moreira, CHC, O conceito sistêmico de gene - uma década depois. In: *Auto-organização – estudos intersdisciplinares 2*, Ed. D'Ottaviano, IML, Gonzalez, MEQ, Coleção CLE 30, Campinas SP, Brasil, Ed. UNICAMP, p. 249-280, 2000.
GUIMARÃES, RC, Moreira, CHC, Genetic code structure and evolution: aminoacyl-tRNA synthetases and principal dinucleotides. In: *Fundamentals of Life*, Ed. Pályi, G, Zucchi, C, Caglioti, L, Paris, França, Elsevier, p. 249-276, 2002.
GUIMARÃES, RC, Moreira, CHC, Genetic code: a self-referential and functional model, In: *Progress in Biological Chirality*, Ed. Pályi, G, Zucchi, C, Caglioti, L, Oxford, Inglaterra, Elsevier, pp. 83-118, 2004, http://eprints.ictp.it/131/
GUIMARÃES, RC, Moreira, CHC, Farias, ST, The self-referential model for the formation of the genetic system. In: *The Codes of Life*, Ed. Barbieri, M, Dordrecht, Holanda, Springer, 2006 (no prelo).
HURST, GD, Werren, JH, The role of selfish genetic elements in eukaryotic evolution, *Nature Reviews Genetics*, 2, 597-606, 2001.
KAUFFMAN, SA, *At Home in the Universe*, Oxford, Inglaterra, Oxford University Press, 1995.
LEWONTIN, R, *The Triple Helix*, Cambridge MA, EUA, Harvard University Press, 2000.
LI, WH, *Molecular Evolution,* Sunderland MA, EUA, Sinauer, 1997.
LYTTLE, TW, Segregation distorters, *Annual Review of Genetics*, 25, 511-557, 1991.
MATURANA, HR, MPODOSIS, J, *Origen de las Espécies por Medio de la Deriva Natural,* Santiago, Chile, Museo Natural de Historia Natural, 1992.
MATURANA, HR, Varela, F, *Autopoiesis and Cognition: the realization of the living*, Dordrecht, Holanda, Reidel, 1980.
MAYR, E, *The Growth of the Biological Thought*, Cambridge MA, EUA, Harvard University Press, 1982.
MONOD, J, *O Acaso e a Necessidade*, Petrópolis RJ, Brasil, Vozes, 1971.
NUSSENZVEIG, HM, *Complexidade e Caos*, Rio de Janeiro RJ, Brasil, Ed. UFRJ/COPEA, 1999.
OHNO, S, *Evolution by Gene Duplication*, Berlin, Alemanha, Springer, 1970.

PALAZZO, LAM, Complexidade, caos e auto-organização, *Educat* (Oficina de Inteligência Artificial III, Anais), Pelotas RS, Brasil, p. 49-67, 1999.
PARDINI, MIMC, GUIMARÃES, RC, A systemic concept of the gene, *Genetics and Molecular Biology*, 15, 713-721, 1992.
PEREIRA JÚNIOR, A, Guimarães, RC, Chaves Júnior, JC, Auto-organização em biologia: nível ontogenético. In: *Auto-organização – estudos interdisciplinares*, Ed. Debrun, M, Gonzalez, MEQ, Pessoa Júnior, O, Coleção CLE 18, Campinas SP, Brasil, Ed. UNICAMP, p. 239-269, 1996.
POPPER, KR, A racionalidade das revoluções científicas. In: *Problemas da Revolução Científica*, Ed. Harré, R, Belo Horizonte MG, Brasil, Itatiaia/EDUSP, p. 91-122, 1976.
PRIGOGINE, I, *Physique, Temps et Devenir*, Paris, França, Masson, 1980.
ROCHA, AF, The brain as a symbol-processing machine, *Progress in Neurobiology*, 53: 121-198, 1997.
SILVEIRA, LFB, Origem do cosmos e auto-organização na obra de Charles Sanders Peirce. In: *Auto-organização – estudos intersdisciplinares 2*, Ed. D'Ottaviano, IML, Gonzalez, MEQ, Coleção CLE 30, Campinas SP, Brasil, Ed. UNICAMP, p. 325-336, 2000.
SOLÉ, RV, MANRUBIA, SC, Benton, M, Kauffman, S, Bak, P, Criticality and scaling in evolutionary ecology, *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 156-160, 1999.
STERELNY, K, GRIFFITHS, PE, *Sex and Death*, Chicago, EUA, The University of Chicago Press, 1999.
VILLENA, FPM, SAPIENZA, C, Female meiosis drives karyotypic evolution in mammals, *Genetics*, 159, 1179-1189, 2001.

DARWINISMO NEURAL: UMA EXTENSÃO METAFÓRICA DA TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL

Ana Maria Rocha de Almeida[*] *e Charbel Niño El-Hani*[**]

RESUMO

O Darwinismo Neural (DN) explica o funcionamento do sistema nervoso central (SNC) com base em um processo de seleção populacional de grupos neuronais. Três características são compartilhadas entre DN e a teoria da seleção natural: (i) repertórios variados de elementos, cuja fonte de variação não está causalmente relacionada a eventos subseqüentes; (ii) interação com o ambiente, permitindo a seleção de variantes favorecidas; e (iii) reprodução diferencial e herança de características das variantes. Interpretado como uma forma de epistemologia evolucionista, DN pode ser incluído no programa da *epistemologia evolucionista de mecanismos* (EEM), como entendido por Bradie. Este autor caracteriza este programa por enfocar o entendimento da dinâmica das estruturas cognitivas de uma perspectiva evolutiva. Neste artigo, discutimos como o DN foi construído a partir de uma extensão metafórica da teoria da seleção natural. Os mecanismos propostos por aquela teoria para explicar o desenvolvimento da dinâmica do SNC também são discutidos.

Palavras-chave: darwinismo neural; epistemologia evolucionista; teoria da seleção natural; extensão metafórica.

NEURAL DARWINISM: A METAPHORICAL EXTENSION OF THE THEORY OF NATURAL SELECTION

Neural Darwinism (ND) explains the functioning of the central nervous system (CNS) on the grounds of a process of populational selection of neuronal groups. ND and the theory of natural selection share three characteristics: (i) varied repertoires of elements, with variation source not being causally related to subsequent events; (ii) interaction with the

[*] Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (Ufba). *E-mail: anagaivota@gmail.com*

[**] Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências/Ufba-Uefs. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento/Ufba. *E-mail: charbel@ufba.br*

environment, allowing for the selection of favored variants; and (iii) differential reproduction and heredity of characteristics of the variants. If interpreted as a form of evolutionary epistemology, DN can be included in the program of the *evolutionary epistemology of mechanisms* (EEM), according to Bradie. He describes this program as focusing on the understanding of the dynamics of cognitive structures from an evolutionary perspective. In this paper, we address how ND was built from a metaphorical extension of the theory of natural selection. We also discuss the mechanisms proposed by that theory to explain the development of CNS dynamics.
Key words: Neural Darwinism; Evolutionary epistemology; Theory of natural selection; Metaphorical extension.

INTRODUÇÃO

A epistemologia é o ramo da filosofia que estuda o conhecimento humano, suas possibilidades e limitações. Tradicionalmente, é considerada uma disciplina normativa, gerando teorias do conhecimento de forma privilegiada e autônoma frente às ciências. Porém, com a revolução darwiniana, em meados do século XIX, tornou-se possível o desenvolvimento de uma abordagem alternativa da epistemologia, na qual a espécie humana e o seu conhecimento são entendidos, sob a luz da evolução, como produtos de um processo evolutivo que impõe limites à cognição e à experiência humanas. O conhecimento humano seria, então, restringido pelo processo evolutivo e, em decorrência, questões epistemológicas não somente poderiam como também deveriam beneficiar-se de estudos empíricos realizados pelas ciências naturais. Nesses termos, poderia ser diminuída a separação entre ciência e filosofia que se afirmou ao longo do século XIX. De acordo com esta perspectiva, os avanços científicos poderiam ser utilizados como fontes de dados para a resolução de questões epistemológicas, algo que não parecia recomendável para visões anteriores sobre a epistemologia, comprometidas com a idéia de que questões de fato não devem interferir no fazer filosófico.

A corrente de pensamento que concebe, dentro da epistemologia, esta proximidade entre as pesquisas científica e filosófica é chamada de epistemologia naturalizada, naturalismo epistemológico ou, simplesmente, naturalismo (Abrantes, 1998). A epistemologia evolucionista, por sua vez, pode ser entendida como um ramo do naturalismo epistemológico, sendo caracterizada pelo uso de um pensamento evolucionista na tentativa de entender a cognição e o conhecimento humanos.

A teoria da seleção de grupos neuronais (TSGN), também conhecida como darwinismo neural (DN), foi proposta por Gerald Edelman (1987; 1988; 1989; 1992. Ver tb. EDELMAN e TONONI, 1995, 2000) para tentar explicar os fenômenos mentais, incluindo os fenômenos conscientes, sob uma perspectiva neurocientífica. Ela está baseada no pensamento populacional, estabelecido, desde a ascensão do darwinismo em meados do século XIX, como modo característico de pensar a biologia, em oposição ao pensamento tipológico. Segundo esse último modo de pensar, prevalente durante todo o período anterior à publicação de *A Origem das Espécies*, existiria um número limitado de "tipos" fixos e imutáveis, subjacente a toda a variabilidade observada no mundo natural. Nessa perspectiva, a existência do tipo é entendida como um fato real, enquanto a variação é concebida como nada mais do que uma imperfeição do tipo, em suas manifestações particulares. O pensamento populacional, por sua vez, enfatiza o caráter único de cada indivíduo na natureza. Os organismos individuais, bem como outros tipos de entidades orgânicas, formam populações, nas quais a variação é a regra, e não a exceção. Longe de ser uma imperfeição, a variação constitui uma das bases do próprio processo evolutivo e, no pensamento populacional, o "tipo" é uma abstração construída a partir das médias populacionais (MAYR, 1994; 1998).

De acordo com a TSGN, mecanismos de seleção não atuam apenas no tempo evolutivo, mas também durante o tempo somático de um indivíduo. Segundo ela, os neurônios individuais formam grupos neuronais que são a base da variação sobre a qual atuam mecanismos de seleção somática, gerando padrões complexos de estrutura e funcionamento cerebrais. De acordo com esta teoria, grupos de centenas a milhões de neurônios fortemente conectados agem como unidades funcionais e constituem também unidades de seleção no sistema nervoso central (SNC) (EDELMAN, 1987). Os padrões funcionais são apresentados, no contexto desta teoria, como a base para o entendimento dos fenômenos mentais, e, portanto, podemos dizer que a TSGN busca constituir-se como uma teoria fisicalista da mente.

Segundo Edelman (1992), a TSGN é uma teoria evolutiva da mentalidade, criando uma ponte entre a biologia e a psicologia. Segundo ele, uma teoria que tem como objeto as bases biológicas da psicologia deve ser consistente com os princípios centrais da biologia do desenvolvimento e evolutiva, devendo ser uma teoria biológica e darwinista da mentalidade. Ele afirma ainda que a TSGN pode ser entendida como uma "extensão metafórica" da teoria darwinista, sendo possível perceber, contudo, não somente analogias, mas também diferenças importantes entre os processos de seleção natural e seleção de grupos neuronais. Precisamente por ser uma extensão de natureza

metafórica, ela não dá apoio a interpretações literais, que imponham analogias num domínio de fenômenos onde estas não podem ser efetivamente sustentadas.

O presente artigo divide-se em três partes. A primeira delas trata da epistemologia naturalizada e, em particular, da epistemologia evolucionista, como ramo da primeira. Nessa seção, são discutidas, também, as principais questões da epistemologia evolucionista, segundo proposta de Bradie (1986, 1994). A segunda parte do artigo é dedicada a uma análise do darwinismo neural e de seus principais postulados. Por fim, tentaremos entender esse programa – o darwinismo neural – à luz da epistemologia evolucionista, entendendo-o como uma extensão metafórica da teoria da seleção natural, segundo os critérios propostos por Bradie (1986).

NATURALISMO EPISTEMOLÓGICO

A epistemologia ocupa-se dos fundamentos e da natureza do conhecimento (BRADIE, 1994). Por ser normativa, ela se preocupa, em particular, com a avaliação de estratégias e de seus produtos (crenças). Dentre as estratégias que a epistemologia avalia, estão aquelas empregadas pelas ciências. Quine foi o primeiro a tentar reverter esta posição, concebendo a epistemologia como parte da empreitada científica e, conseqüentemente, propondo que resultados desta última seriam capazes de iluminar questões da primeira. Deve-se observar, primeiro, que a tentativa de naturalizar a epistemologia não pode ser considerada simplesmente impossível, dado que a ciência é algumas vezes normativa e pode ter sucesso em avaliar suas próprias estratégias e seus instrumentos (HONDERICH, 1995). Nessa visão, contudo, os limites entre ciências e epistemologia são borrados, de modo que os resultados das ciências podem ser utilizados como fontes de dados e inspiração para a resolução de questões epistemológicas. Essa corrente de pensamento na epistemologia tem sido chamada de epistemologia naturalizada ou naturalismo epistemológico (ABRANTES, 1998).

A revolução darwiniana possibilitou o desenvolvimento dessa abordagem alternativa no campo da epistemologia. À luz da evolução, a espécie humana é, ela própria, um produto evolutivo e, desse modo, o processo evolutivo impõe limites à cognição e à experiência humanas. O conhecimento é visto, então, como restringido pelo processo evolutivo e concebe-se que a epistemologia, por sua vez, poderia beneficiar-se de um diálogo com o tratamento científico da evolução humana.

Abrantes (1998) propõe uma subdivisão do naturalismo epistemológico – ou, simplesmente, naturalismo – em tradicional e radical. Para ele, o

naturalismo tradicional refere-se a um campo de estudos que mantém o compromisso normativo da epistemologia, dentro de um projeto de melhoramento do nosso desempenho cognitivo a partir do conhecimento empírico do mundo e de nossas limitações cognitivas, derivado de áreas como a física, a biologia e a psicologia. Já o naturalista radical está comprometido, de acordo com Abrantes, com o abandono do estatuto normativo da epistemologia, de modo que o apelo ao conhecimento científico se justificaria por um objetivo apenas explicativo, e não prescritivo. Em suas palavras:

> Juntamente com o abandono do projeto normativo, as versões naturalistas mais radicais tendem a eliminar qualquer referência à noção de racionalidade. As posições menos radicais defendem somente a substituição de uma noção categórica (incondicional) e essencialista de racionalidade [...] por uma noção instrumental (condicional), entendida em termos da adequação entre fins e métodos. (ABRANTES, 1993)

A influência do naturalismo vem crescendo nos últimos anos e, hoje, ele apresenta diversas orientações, por vezes conflitantes. Para os naturalistas, o caráter *a priori*[1] das suas teorias do conhecimento passa a ser tão falível quanto o de qualquer teoria científica e, desse modo, a epistemologia estaria comprometida, de modo necessário, a articular hipóteses e teorias que também estariam sujeitas a testes empíricos. Segundo essa visão, os conceitos e as teorias epistemológicas estão sujeitos ao crivo da experiência, assim como no caso dos conceitos e das teorias científicas (ABRANTES, 1993).

Dentro da epistemologia naturalizada, podemos reconhecer uma corrente que defende que a produção do conhecimento é regida por leis evolutivas. Essa corrente é chamada de epistemologia evolucionista (BRADIE, 1986). Em parte, a epistemologia evolucionista (EE) envolve, também, a aplicação de modelos e metáforas extraídos da biologia evolutiva para o desenvolvimento de teorias epistemológicas, na tentativa de caracterizar o desenvolvimento cognitivo humano.

---

[1] Deve-se notar que proposições *a priori*, que poderiam ser supostamente conhecidas sem qualquer experiência do curso específico dos acontecimentos no mundo, são elas próprias controversas. Isso porque não é realmente claro como o pensamento puro, sem o auxílio da experiência, pode dar lugar ao conhecimento. As duas grandes áreas na qual o conhecimento *a priori* parece ser possível são a matemática e a lógica. A preocupação do empirismo, no entanto, tem sido negar que este tipo de conhecimento seja possível no caso do mundo fenomênico. A distinção entre as categorias *a priori* e *a posteriori* dá lugar a um dos problemas fundamentais da epistemologia, a saber, o lugar da experiência e da razão na gênese do conhecimento (BLACKBURN, 1997).

A extrapolação de modelos e teorias de um campo do conhecimento científico para outro, constituindo-se em ponto de partida para pensar questões de uma dada área, é uma ferramenta bastante útil e freqüentemente utilizada pelos cientistas. Segundo Bradie (1994), os modelos e metáforas têm um importante papel no pensamento científico como ferramentas para sugerir novas explicações para um fenômeno, novos experimentos e teorias, ou maneiras de expandir velhas teorias, e constituem-se em contribuições heurísticas óbvias. Podemos encontrar, na história das ciências, diversos exemplos de extensões metafóricas de teorias de um domínio para outro. Em particular, metáforas parecem ter um papel central na linguagem científica porque estabelecem ligações entre ela e o mundo, apresentando, portanto, um papel fundamental no ensino e na descoberta (GENTNER e JEZIORSKI, 1993).

Black (1995), ao revisitar seu clássico estudo *Models and Metaphors* (1962), reafirma que, numa metáfora, as interações mútuas entre a expressão metafórica e as teorias envolvidas (teoria-base e teoria-alvo[2]) levam a uma mudança de significado das palavras utilizadas na expressão metafórica. Nesse sentido, a metáfora possui um significado próprio, que extrapola seu conteúdo na teoria-base. Tal extrapolação torna arriscado, muitas vezes, o uso de metáforas nas ciências. Além disso, a linguagem metafórica apresenta outras limitações. Claramente, as metáforas carecem de explicitude e precisão, características fundamentais da linguagem científica (BOYD, 1993). Ainda assim, elas desempenham papéis cognitivos, heurísticos e retóricos fundamentais nas ciências, não parecendo possível dispensá-las (BRADIE, 1980, 1999; LAKOFF e JOHNSON, 1980; NIJHOUT, 1990; ORTONY, 1993; ROCHA & EL-HANI, 1996; VAN DER WEELE, 1999).

A epistemologia evolucionista pode ser entendida, então, como o resultado do uso de um procedimento bastante fértil na prática científica e filosófica, apesar de seus riscos: a construção de modelos analógicos a partir de teorias estabelecidas em certa área do conhecimento, no caso, a biologia evolutiva. Deve-se notar, no entanto, que Campbell (1960), um dos primeiros defensores de uma epistemologia evolucionista, não a entende apenas como uma tentativa de entender o conhecimento através do uso de metáforas derivadas da biologia evolutiva, mas, também, como uma tentativa de entender os processos biológicos em termos de metáforas derivadas da epistemologia. Nesse sentido, o estudo da epistemologia poderia contribuir para teorias biológicas sobre a cognição e a aprendizagem, ou seja, a compreensão da

[2] A teoria-base é a teoria “fonte”, ou seja, de onde se extrai o conteúdo a ser estendido a outro domínio do conhecimento, enquanto a teoria-alvo é o sistema de significados ao qual a metáfora está sendo aplicada.

maneira como o conhecimento é construído poderia iluminar as pesquisas sobre a cognição humana.

Segundo Bradie (1994), parece haver três distinções básicas necessárias para o entendimento das epistemologias evolucionistas. A primeira dessas distinções advém do fato de que, sob a expressão "epistemologia evolucionista", é possível discernir dois programas de pesquisa distintos, ainda que muitas vezes inter-relacionados (Bradie, 1986). De um lado, o programa da epistemologia evolucionista de teorias (EET), que busca explicar a evolução do conhecimento humano e o estabelecimento de normas de conduta com base em modelos analógicos derivados da biologia evolutiva. De outro, a epistemologia evolucionista de mecanismos (EEM), que toma como base a evolução para explicar o desenvolvimento do sistema cognitivo humano e de suas estruturas - cérebro, sistema sensorial, sistema motor etc. –, explorando as conseqüências epistemológicas de tal abordagem. Esse programa é caracterizado pela busca de entendimento do desenvolvimento e da dinâmica de estruturas cognitivas a partir de uma perspectiva evolutiva, enfatizando suas contribuições para a adaptação dos organismos às circunstâncias ambientais.

A segunda distinção fundamental proposta por Bradie refere-se à diferença entre abordagens filogenéticas e ontogenéticas. As abordagens ontogenéticas buscam, no desenvolvimento do indivíduo e do seu SNC, informações sobre o funcionamento e as possíveis limitações de seu sistema cognitivo. Já as abordagens filogenéticas tentam esclarecer as relações de parentesco entre os grupos animais, observando suas características neuropsíquicas, a fim de perceber restrições filogenéticas e padrões de funcionamento do SNC que nos permitam entender o fenômeno da cognição.

A terceira distinção tratada por Bradie (1994) se refere às correntes descritiva e prescritiva da epistemologia. A corrente prescritiva está mais ligada às tendências tradicionais da epistemologia, enquanto a corrente descritiva está mais ligada à epistemologia evolucionista. Contudo, Abrantes (1993) identifica ambas as correntes dentro do naturalismo. Segundo esse autor, é possível distinguir entre um naturalismo tradicional, que ainda mantém propósitos prescritivos, e um naturalismo radical, que abandona qualquer forma de normatização. Em oposição a uma epistemologia analítica ou prescritiva, Campbell (1974), por exemplo, caracteriza a sua visão como *descritiva* do homem na sua condição de conhecedor. De acordo com o naturalismo radical, objetivos normativos não são admitidos, ou, no mínimo, são restringidos na epistemologia, e as teorias epistemológicas são tratadas como conjecturais e sujeitas ao crivo dos testes empíricos. Como resultado de tais discussões, três possíveis relações podem ser identificadas entre as epistemologias descritiva

e prescritiva: (i) alguns entendem a primeira como competidora da epistemologia tradicional ou prescritiva, (ii) outros como sucessora, e (iii) outros, ainda, como complementar (CAMPBELL, 1974).

Dentro desse quadro geral, Bradie (1994) propõe o entendimento da teoria da seleção de grupos neuronais como pertencente ao programa EEM. A TSGN é uma teoria neurocientífica que tenta explicar as funções mentais superiores (pensamento, linguagem, consciência, entre outras), com base em pressupostos evolucionistas, caracterizando-se, ainda, como uma abordagem ontogenética. Essa teoria será discutida a seguir.

DARWINISMO NEURAL OU TEORIA DA SELEÇÃO DE GRUPOS NEURONAIS (TSGN)

A teoria da seleção de grupos neuronais (TSGN) ou darwinismo neural (DN) é uma teoria neurocientífica proposta inicialmente por Gerald Edelman, no final da década de 1970 (EDELMAN 1988). A teoria foi articulada de modo cada vez mais detalhado nas décadas seguintes, em trabalhos individuais (EDELMAN 1987, 1988, 1989, 1992) e em colaboração com uma série de pesquisadores, com destaque, mais recentemente, para Giulio Tononi (EDELMAN e TONONI, 1995, 2000). A TSGN consiste em uma tentativa de explicar os fenômenos mentais com base na neurofisiologia e na ontogenia do sistema nervoso central (SNC).

A teoria discute tais fenômenos com base em dados empíricos sobre a química, a anatomia e a fisiologia cerebrais, tratadas como os realizadores das funções mentais, mas sem um compromisso com explicações reducionistas (*e.g.*, EDELMAN, 1992). A TSGN, portanto, se enquadra entre as teorias da mente fisicalistas, pressupondo um "realizacionismo físico" (KIM, 1998). A idéia de realização física implica que as propriedades mentais, quando realizadas, possuem uma base neural suficiente (mas não necessária, dada a realização múltipla) para sua realização. Isso quer dizer que nenhuma propriedade mental pode ser instanciada sem uma base neural subjacente, mas, ao mesmo tempo, propriedades mentais não podem ser reduzidas a propriedades neurais.

Segundo Edelman (1992), três pressupostos estão na base da TSGN. O primeiro deles, o pressuposto físico ou fisicalista, especifica que, nessa teoria, as leis da física não são violadas. Espíritos, almas ou substâncias mentais não têm qualquer participação nos eventos mentais, de acordo com essa teoria. Edelman afirma que a descrição do mundo pela física moderna é uma descrição adequada, porém não constitui uma base suficiente para uma teoria da

consciência, por não incluir, por exemplo, uma teoria da intencionalidade.[3] Edelman, como um fisicalista, considera os fenômenos mentais como tipos especiais de funcionamento extremamente complexo de mapas neurais (ver abaixo), mas, ao mesmo tempo, procura não ignorar o papel da psicologia nas explicações de tais fenômenos.

O segundo pressuposto é denominado por Edelman "evolutivo" e assume que a mente e a consciência surgiram em algum ponto da evolução das espécies, e, assim, não existiam anteriormente. Além disso, ele inclui a suposição de que algumas funções mentais devem ser anteriores à própria consciência. Esse pressuposto elimina do quadro da teoria o panpsiquismo.[4] Ele implica, ainda, que a aquisição da mente e da consciência ou conferiu diretamente aptidão darwiniana (*fitness*) aos organismos que as possuíam ou proveu uma base para o desenvolvimento de outros traços que aumentaram a aptidão darwiniana. Esse pressuposto implica, também, a tese de que a mente e a consciência são eficazes, ou seja, promovem uma vantagem adaptativa para o organismo que as possui, não sendo meros epifenômenos.

Por fim, o terceiro pressuposto é o dos qualia, que, segundo Edelman (1992), podem ser entendidos como uma forma de categorização de ordem superior, com relação ao "eu" (*self*) e a outros seres com aparato mental similar. Na TSGN, os qualia são entendidos como propriedades analisáveis da mente, relacionadas aos estados subjetivos e à consciência de ordem superior. Edelman não se compromete, assim, com a idéia comum na filosofia da mente de que os qualia seriam propriedades não-analisáveis, por serem intrínsecos, não-relacionais (KIM, 1996, 1998).

Edelman (1987; 1992) e Edelman e Tononi (2000) assumem, na TSGN, três mecanismos básicos que regem os eventos de formação e funcionamento cerebral, bem como explicam o funcionamento do SNC: (i) seleção somática; (ii) formação de mapas neurais; e (iii) sinalização reentrante. Esses mecanismos

---

[3] Por "intencionalidade", entende-se a qualidade de estar dirigido para algo, ou de "ser" acerca de algo, que está presente na maioria dos, se não em todos os estados conscientes. Nossos pensamentos, nossas crenças, nossos anseios, nossos sonhos e nossos desejos são acerca de coisas, do mesmo modo que as palavras que usamos para exprimir nossos estados mentais. O problema da intencionalidade diz respeito à tentativa de compreender em que consiste a relação que se verifica entre um estado mental ou a sua expressão e aquilo a que aquele estado mental, por ser intencional, se refere, seu conteúdo (BLACKBURN, 1997).

[4] O panpsiquismo é a posição que sustenta que todas as partes da matéria implicam consciência, mas que esta consciência pode variar, de acordo com o grau em que as coisas apresentam estados internos subjetivos. Os que aceitam esta doutrina o fazem por não admitirem meios de explicar como a mente poderia ser formada a partir de entidades não-mentais (BLACKBURN, 1997; HONDERICH, 1995).

são, de acordo com a TSGN, responsáveis pela produção da variação, seleção de variantes e integração dos processos neuronais.

Dois tipos de seleção somática são distinguidos no contexto da TSGN: seleção no desenvolvimento (SD) e seleção na experiência (SE). A seleção no desenvolvimento produz variação de repertórios neuronais por meio da morte, reprodução e migração diferenciais de neurônios. Ela acontece principalmente durante o estágio embrionário de desenvolvimento e é capaz de produzir padrões neuroanatômicos únicos. Para Edelman (1992), as células migram, reproduzem-se e morrem de maneira que não pode ser prevista de uma perspectiva exclusivamente molecular, competindo umas com as outras, durante o desenvolvimento cerebral.

Na SD, diversos mecanismos moleculares estão atuando, e, na TSGN, eles não são considerados isoladamente. Nem mesmo a migração e a adesão celular, inicialmente dependentes da expressão das moléculas morforregulatórias CAM (moléculas de adesão celular) e SAM (moléculas de adesão ao substrato), podem ser entendidas exclusivamente do ponto de vista molecular, porque, como enfatiza Edelman (1995), a regulação da expressão dessas moléculas está sujeita a fatores epigenéticos. As CAMs, quando expressas nas superfícies das células neuronais, as conectam, levando à formação de grupos celulares, cujas bordas são identificadas por CAMs de diferentes especificidades. O processo de ligação dos grupos celulares assegura a regulação da movimentação das células e das subseqüentes sinalizações intracelulares, levando ao aparecimento da forma estrutural. Sinais bioquímicos específicos estão presentes em locais particulares, assegurando a constância da morfologia das espécies (Edelman, 1987). A regulação da expressão das SAMs e CAMs leva, portanto, à produção de morfologia. Durante o desenvolvimento, a migração celular é dependente da expressão de tais moléculas de superfície. Durante essa fase, milhares de neurônios também morrem, permanecendo aqueles devidamente selecionados por tal processo regulatório. Este processo de seleção resulta num padrão único de grupos neuronais, constituindo o que Edelman chama de “repertório primário” (Figura 1).

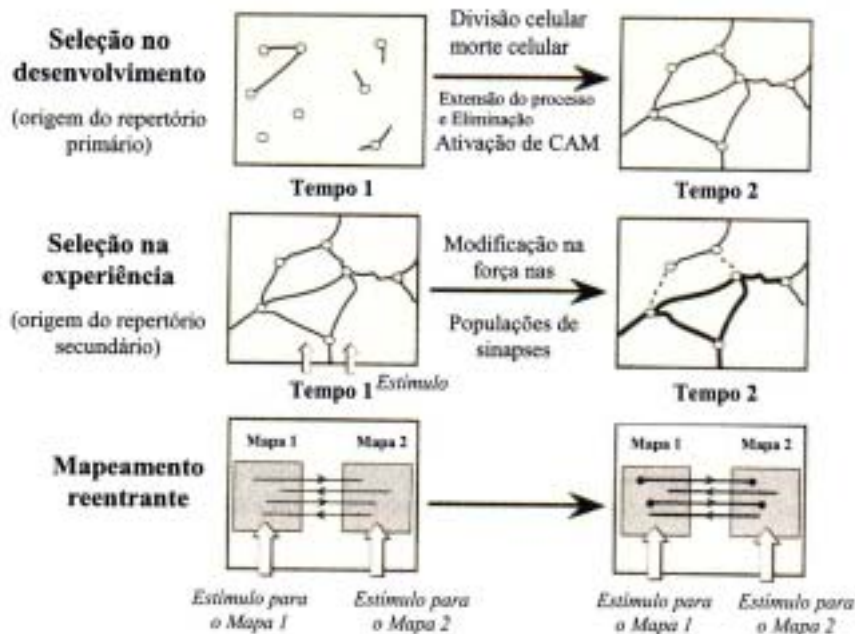



Figura 1 – Os três mecanismos propostos na TSGN. Inicialmente, a seleção no desenvolvimento leva à formação dos repertórios primários. Posteriormente, ocorre a formação do repertório secundário, através da seleção na experiência. E, por fim, tem lugar a sinalização reentrante, realizada entre mapas neurais (adaptado de EDELMAN, 1992).

Por sua vez, a seleção na experiência (SE) se inicia logo após o nascimento, sendo decorrente da exposição do bebê a um mundo totalmente novo. Apesar de novo, o mundo não se mostra completamente incompreensível para o recém-nascido e a atenção seletiva do bebê levou Edelman a pressupor a existência de predisposições fenotípicas, chamadas por ele de "valores"[5]. Os valores vêm sendo preservados nas diferentes linhagens filogenéticas através dos tempos, por refletirem eventos de significância adaptativa, contribuindo,

[5] O termo "valor" é utilizado na TSGN com um significado técnico próprio, referindo-se a predisposições fenotípicas conservadas durante a evolução porque conferem uma vantagem adaptativa ao organismo, por permitir a categorização dos comportamentos em termos de seu significado adaptativo. Esse conceito, portanto, não se relaciona estritamente ao significado coloquial do termo, devendo-se ter o cuidado de não o interpretar dessa maneira.

assim, para a aptidão darwiniana (*fitness*) dos indivíduos. De acordo com Edelman (1987), os valores são percebidos internamente como sensações, permitindo que o bebê selecione ativamente as experiências, levando ao que ele chama de "categorização por valo"r (EDELMAN, 1992). Um exemplo desse tipo de categorização seria "comer é melhor do que não comer". Contudo, o indivíduo em desenvolvimento também cria suas próprias categorias ao longo da experiência e utiliza tanto as categorias inatas quanto as construídas para atribuir sentido ao mundo ao seu redor. Durante a experiência, grupos neuronais são ativamente selecionados nas interações do indivíduo com o mundo, constituindo o que Edelman chama de "repertório secundário". A formação do repertório secundário não envolve alteração do padrão anatômico, propondo-se que, durante o comportamento, conexões sinápticas são fortalecidas ou enfraquecidas através de processos bioquímicos específicos. Este mecanismo gera circuitos funcionais a partir dos padrões neuroanatômicos do repertório primário. Até certo ponto, os mecanismos que levam à formação dos repertórios primário e secundário são interconectados.

À medida que os padrões de interconexão entre populações de neurônios se tornam mais complexos, as informações são correlacionadas e categorizadas na própria estrutura funcional do SNC. Os padrões se desenvolvem, ao longo da ontogenia humana, até o aparecimento das funções mentais superiores e de um sentido do Eu, a autoconsciência. Para explicar o salto dos níveis "inferiores' de interconexão neuronal aos níveis "superiores" de função mental, incluindo as funções conscientes, Edelman (1992) toma como base as idéias de "mapa neural" e "sinalização reentrante". Para ele, os mapas são séries interrelacionadas de grupos neuronais – formados a partir dos repertórios primário e secundário –, envolvendo centenas desses grupos funcionais e permitindo uma resposta adequada às experiências do mundo, com base na categorização por valor*,* explicada acima. A sinalização reentrante refere-se ao mecanismo de ligação entre os grupos neuronais de diferentes mapas funcionalmente correlatos, através de seleção paralela e correlação temporal das atividades desses mapas, de maneira recursiva e bidirecional (ver Figura 1). Para Edelman e Tononi (2000), a "reentrada" não é apenas o mais importante mecanismo integrativo em cérebros estruturalmente mais complexos, mas também um dos mais desafiadores princípios conceituais propostos na TSGN. De fato, uma premissa fundamental dessa teoria é a de que a seleção coordenada de padrões complexos de interconexão entre grupos neuronais, por reentrada, está na base de todo comportamento (EDELMAN, 1992).

Segundo Kandel, Schwartz e Jessel (1997, 2000), as áreas do córtex visual de primatas, por exemplo, apresentam cerca de 30 mapas funcionalmente distintos, cada um tendo um papel definido na categorização do estímulo,

relacionando-se à posição espacial, cor, forma etc. Diante dos estímulos sensoriais oriundos de um certo objeto no mundo exterior, esses mapas precisam, porém, interconectar-se de maneira rápida e simultânea, para que tenhamos a imagem formada de maneira inteligível. Na filosofia da mente e na neurociência, este é o chamado "problema da ligação": Como explicar a ativação simultânea e o funcionamento correlato de diversas áreas cerebrais? A TSGN afirma que a integração de mapas neurais é o resultado dos efeitos construtivo e correlativo da sinalização reentrante dentro de e entre áreas corticais relevantes. Em suma, esta é a solução proposta pela TSGN para o problema da ligação. Esse processo é fundamental para a categorização perceptiva, que se encontra na base de qualquer construto perceptivo, mostrando, portanto, grande significado adaptativo.

Ao relacionar-se com o mundo, um organismo recebe diversos estímulos sensoriais distintos, precisando, a partir desses estímulos, coordenar respostas adequadas a cada situação. A percepção envolve, como destaca Edelman (1987), o ato de discriminar um objeto ou evento através de uma ou mais modalidades sensoriais, separando-o dos outros objetos ou eventos. Nesse contexto, o mundo se apresentaria como um ambiente não rotulado (*prelabled*, segundo EDELMAN, 1987) onde o organismo interage gerando categorias. Assim, a percepção implica, necessariamente, categorização e generalização, processos pelos quais podemos tratar objetos ou eventos aparentemente diferentes como equivalentes. Ou, dito de outra maneira, a percepção implica a habilidade de agrupar, mediante a apreciação de propriedades semelhantes, objetos e eventos distintos (EDELMAN, 1992).

Mas – poderíamos pensar – como categorizamos objetos e eventos, dada a suposição de um mundo não previamente identificado, na ausência de categorias pré-determinadas? Segundo a TSGN, o processo de categorização deve ser entendido do ponto de vista de um organismo em adaptação ao seu nicho. Mapas neurais distintos recebem os estímulos externos e, devido à intensa interconexão e redundância neuronais, neurônios em diversas partes do cérebro são capazes de interconectar-se, formando o que Edelman (1992) chama de "mapa global". Um mapa global é uma estrutura dinâmica contendo múltiplos mapas locais reentrantes, capazes de interagir com partes não-mapeadas do cérebro. O mapa global permite, então, a ocorrência de eventos seletivos ao nível dos mapas locais, conectando a resposta motora do animal a estímulos do mundo. A seleção de grupos neuronais em determinados mapas locais de um mapa global resulta em categorizações perceptivas particulares, sendo essas categorizações, como já mencionado, realizadas com base nos valores.

Em um nível extremamente complexo de funcionamento, Edelman (1987) postula dois tipos de consciência: a consciência primária ou de primeira ordem e a consciência de ordem superior ou de segunda ordem. A primeira é definida como o estado de estar conscientemente atento às coisas do mundo, sem qualquer percepção de passado e futuro, e sem autoconsciência (EDELMAN, 1992). A partir do surgimento do sistema cortical, os organismos foram capacitados a coordenar categorizações espaço-temporais do mundo, no que é chamado, na TSGN, de "cena". Segundo esta teoria, uma cena é um conjunto de categorizações organizadas no espaço e no tempo, incluindo eventos familiares e não-familiares, que é de extrema utilidade para que o organismo consiga conectar tais eventos a eventos anteriormente aprendidos, e, desse modo, possa comportar-se de modo eficaz em ambientes complexos. No contexto da TSGN, postula-se que foi exatamente o desenvolvimento evolutivo da habilidade de 'gerar' uma cena que levou à emergência da consciência primária. Para Edelman, a consciência primária aparece, pelo menos, desde os mamíferos, enquanto a consciência de ordem superior (ver abaixo) seria exclusiva da espécie humana.

O surgimento da consciência primária, segundo o modelo proposto na TSGN, depende da ocorrência de três eventos: o surgimento do sistema cortical (ligado fortemente ao sistema límbico), o desenvolvimento de uma memória que relaciona a aprendizagem às emoções do organismo (memória conceitual), e o aparecimento de um circuito especial de reentrada, que permite a sinalização reentrante entre a memória conceitual e os mapas globais ligados à categorização perceptiva, em tempo real. Com estes sistemas, temos, então, a emergência da categorização conceitual das percepções e esta interação entre a memória conceitual e a categorização perceptiva leva ao surgimento da consciência primária. A consciência primária é fundamental para o surgimento da consciência de ordem superior, mas está circunscrita a um pequeno intervalo de tempo, que podemos chamar de presente (Figura 2).

Figura 2 – Esquema representativo da consciência primária, segundo proposto na TSGN (adaptado de EDELMAN, 1992).

Portanto, a consciência primária permite a formação de uma cena e esta imagem pode ser, em parte, regenerada pela memória. Mas, de acordo com Edelman, esta "lembrança" não pode acontecer com referência a uma memória simbólica, ou seja, a uma memória de símbolos e seus respectivos significados. Além das estruturas envolvidas na consciência primária, a consciência secundária requer a habilidade de construir um "mundo" social e em termos do passado e do futuro. Para Edelman (1992), na ausência de uma memória simbólica, isso não pode acontecer.

A pergunta a ser respondida, e que nos leva ao entendimento da emergência da consciência de ordem superior, é a seguinte: como tornamo-nos conscientes de estarmos conscientes? Um dos requisitos para o surgimento de tal fenômeno mental é, então, a possibilidade de relacionar a representação conceitual de um Eu social a um sistema de memória. A memória de longo termo de relações simbólicas, adquiridas durante a interação social com outros indivíduos da mesma espécie, é fundamental para o conceito do Eu social

(EDELMAN, 1992). O desenvolvimento de repertórios neuronais capazes de retardar respostas são, por isso, requeridos e acredita-se hoje que estes sistemas estejam localizados em regiões específicas do lobo frontal. Esses repertórios são capazes de categorizar os processos da própria consciência primária e isso acontece através de vias de simbolização, por comparação, punição e recompensa durante o contato social. A capacidade de simbolização de um indivíduo está intimamente ligada com os processos cognitivos da linguagem. Acredita-se, com isso, que o desenvolvimento de uma linguagem seja, também, um requisito básico para a emergência da consciência de segunda ordem. Dado o surgimento da capacidade de distinguir modelos conceituais simbólicos da experiência perceptiva corrente, um conceito de passado pode, então, emergir. Esse fenômeno é o que Edelman (1992) denomina "presente relembrado" (*the remembered present*) e possibilita um quadro referencial de passado e futuro (Figura 3).

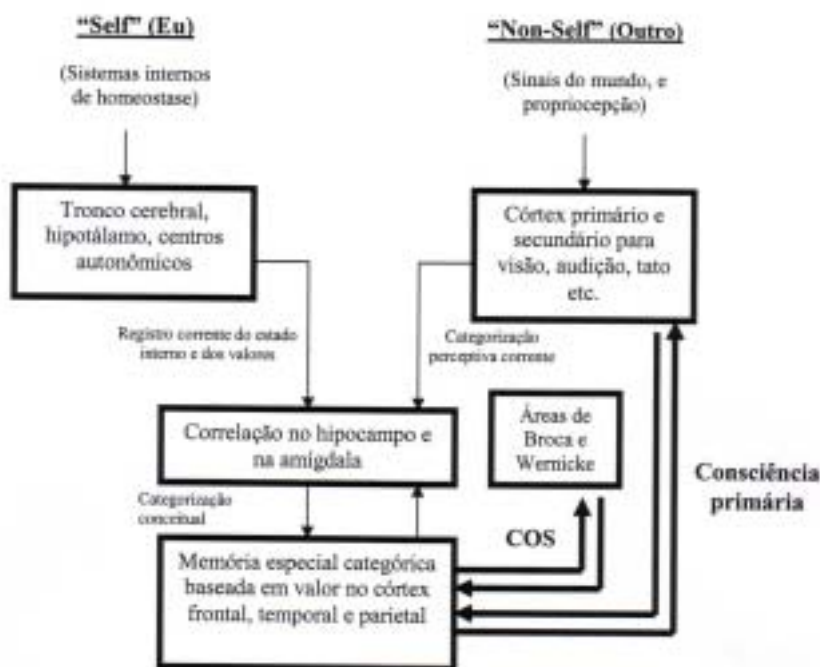



Figura 3 – Esquema representativo da consciência de ordem superior (**COS**), segundo proposto na TSGN (adaptado de EDELMAN, 1992).

A consciência de segunda ordem é, nesses termos, a própria autoconsciência, a consciência do Eu em um quadro temporal de passado, presente e futuro. O surgimento de ambos os tipos de consciência está ligado a novos processos de reentrada que teriam aparecido no curso da evolução. Além disso, elas coexistiriam na espécie humana. Quando a consciência primária ou a consciência de ordem superior aparece, estamos lidando com níveis enormes de complexidade no cérebro, com padrões que envolvem a formação de mapas de mapas de mapas de mapas etc. O surgimento de ambos os tipos de consciência, portanto, está ligado a novos processos de reentrada que aparecem no curso da evolução e, segundo Edelman (1992), a consciência de ordem superior pode ser encontrada apenas em humanos.

Todos os fenômenos mentais poderiam ser explicados, segundo a TSGN, com base nos mecanismos expostos acima. Recentemente, porém, Edelman e Tononi (2000) postularam uma nova hipótese, a hipótese do núcleo dinâmico, após evidências sugerindo que apenas uma pequena fração de grupos neuronais contribuía diretamente para o estado consciente (EDELMAN e TONONI, 1998; EDELMAN e TONONI, 2000). Segundo esta hipótese, um grupo de neurônios pode contribuir diretamente para o estado consciente se fizer parte de um agrupamento (*cluster*) funcional distribuído, através de circuitos de reentrada no sistema tálamo-cortical. Um agrupamento funcional pode ser entendido como um grupo de elementos que interagem fortemente e que são funcionalmente demarcados do resto do sistema (EDELMAN e TONONI, 2000), atingindo, portanto, alto grau de integração. Além disso, para a manutenção do estado consciente, é essencial que tal agrupamento funcional seja altamente diferenciado, exibindo alto grau de complexidade.[6]

---

[6] A medida de complexidade considerada na TSGN se refere à avaliação da informação mútua existente entre cada grupo neuronal e o resto do sistema, para todas as bipartições possíveis do sistema. Segundo EDELMAN e TONONI (2000), tal medida de complexidade, que eles chamam de *complexidade neural*, pode ser dada pela fórmula:

$$C_N(X) = \sum_{K=1}^{n/2} [MI\ (X^k_j;\ X\text{-}X^k_j)]$$

onde X^k são os grupos neuronais; n, o número de elementos do sistema; e MI, informação mútua entre o grupo e o resto do sistema.

Além disso, MI pode ser medida através da fórmula:

$MI\ (X^k_j;\ X\text{-}X^k_j) = H(X^k_j) + H(X\text{-}X^k_j) - H(X)$, num sistema X, um grupo neuronal j de k elementos (X^k_j), sendo o seu complemento no sistema indicado por $(X\text{-}X^k_j)$ e H sendo a entropia.

Portanto, na TSGN, a consciência não é uma "coisa" e tampouco uma propriedade. Ela é entendida como o resultado da realização de um processo integrado e diferenciado de ativação neuronal (EDELMAN e TONONI, 2000) e, portanto, ontologicamente um processo.

A METÁFORA EVOLUTIVA

O termo "modelo" é utilizado por cientistas e filósofos com uma pluralidade de significados. Como proposto por Abrantes (1999), pelo menos três tipos de modelos podem ser diferenciados: os modelos semânticos, que podem ser entendidos como interpretações do cálculo de uma teoria; os modelos analógicos, que são construídos a partir de teorias familiares que servem como base para a construção de teorias aplicáveis a novos domínios de fenômenos; e os modelos como representações idealizadas de sistemas particulares, que podem ser inseridos numa teoria fundamental, possibilitando a aplicação dessa última àqueles sistemas.

A TSGN pode ser entendida como um modelo analógico da teoria da seleção natural. Uma analogia baseia-se em semelhanças, enfatizando-as, e está além do significado literal das palavras. Por "extensão metafórica" de um termo, podemos entender o modo como ele abrange coisas semelhantes. Então, um argumento analógico apóia-se na idéia de que, uma vez que as coisas são parecidas em alguns aspectos, provavelmente também o serão em outros (HONDERICH, 1995). Os modelos analógicos cumprem, na ciência, um papel fundamental. Podemos, através de tal artifício, modelar um sistema com base na representação de um outro sistema, "usualmente mais familiar, cujo funcionamento se supõe ser análogo ao do primeiro" (BLACKBURN, 1997). No caso da TSGN, parte-se de um raciocínio analógico, no qual uma teoria conhecida, a teoria da seleção natural como teoria-fonte, é utilizada como uma inspiração heuristicamente fértil para a construção de uma nova teoria, em um novo domínio de fenômenos, no caso, os fenômenos neurobiológicos e mentais. É nesse sentido que a TSGN pode ser entendida como uma extensão metafórica da teoria da seleção natural.

Para Bradie (1994), três elementos são fundamentais para o estabelecimento de metáforas evolutivas: (i) a produção de variação; (ii) um mecanismo de seleção; e (iii) um mecanismo de herança – reprodução com preservação das características adaptativas. É controversa, porém, a necessidade de tais metáforas evolutivas apresentarem analogias com conceitos centrais da biologia evolutiva, como os de gene, genótipo/fenótipo, organismo, espécie etc. (BRADIE, 1986). Por sua vez, para que uma teoria consiga explicar

adequadamente o desenvolvimento da complexidade do SNC e de sua circuitaria, dois requerimentos são necessários: a geração de diversidade neuronal suficiente e a presença de um mecanismo seletivo (EDELMAN, 1992). Porém, para que esta seja entendida como uma metáfora evolutiva, um mecanismo de herança precisa ser evidenciado.

Os mecanismos seletivos postulados pela TSGN são claros: a seleção no desenvolvimento e a seleção na experiência, fundamentais para o estabelecimento dos repertórios primário e secundário. Ao mesmo tempo, a geração de variação nos repertórios neuronais é tal que mesmo gêmeos monozigóticos apresentam diferenças nas interconexões de grupos neuronais (EDELMAN, 1992).

Durante o desenvolvimento embrionário, por exemplo, a morte, reprodução e migração diferenciais de neurônios permitem a produção de padrões neuroanatômicos únicos. Esses eventos celulares ocorrem de maneira que não pode ser prevista a partir de uma base meramente molecular, resultando na constituição do repertório primário. As características herdadas, nesse caso, a base genética de regulação e expressão dos mecanismos moleculares de desenvolvimento cerebral, sofrem, contudo, forte influência do meio e são, por ele, em grande parte, influenciadas. Os mecanismos moleculares subjacentes à seleção no desenvolvimento constituem uma das bases de variação no SNC. O repertório primário consiste, então, num conjunto de possibilidades variantes, que sofrerá novamente seleção somática, agora, a seleção na experiência.

Esse segundo conjunto de eventos seletivos acontece durante a interação do organismo com o meio, garantindo a sobrevivência e possível reprodução dos organismos que melhor se adaptam ao mundo, representando-o e categorizando-o de forma mais adequada. A herança dessas características advém da vantagem reprodutiva que as mesmas podem prover ao organismo. Mas tal herança não garante à prole um sucesso adaptativo compatível com os parentais, pela dependência epigenética do desenvolvimento e funcionamento do SNC. A herança desse segundo conjunto de fenômenos, relacionados à interação do organismo com o meio, parece ser dependente do meio sociocultural particular em que o organismo se encontra. Portanto, o padrão de tal herança se mostra compatível com os padrões propostos de herança cultural.

Todos os outros fenômenos mentais dependem, segundo a TSGN, do estabelecimento dos repertórios primário e secundário para seu desenvolvimento. Na formação da consciência de primeira ordem, por exemplo, temos claramente a atuação dos mecanismos seletivos propostos, de modo que novos circuitos funcionais se estabelecem em regiões precisas do cérebro.

Já a consciência de segunda ordem é dependente da interação social do organismo. Nesse sentido, podemos traçar um paralelo com os mecanismos discutidos anteriormente. Enquanto a consciência de primeira ordem apresenta mecanismos seletivos compatíveis com a seleção no desenvolvimento, tendo uma base genética de herança, a consciência de ordem superior parece aproximar-se dos mecanismos de seleção na experiência, possuindo também uma influência cultural para tal herança.

Segundo Bradie (1994), a TSGN pode ser situada dentro do programa da epistemologia evolucionista de Mecanismos (EEM), por analisar os mecanismos atuantes no desenvolvimento ontogenético do SNC sob uma perspectiva evolucionista. O próprio Edelman (1992) considera a sua teoria um complemento do programa de pesquisa iniciado por Darwin. Para ele, a TSGN procura dar conta do que precisamos saber para entender a origem evolutiva da mente e do comportamento humanos:

O que precisamos entender – além do mecanismo da herança – é como a morfologia, na base do comportamento, surgiu durante a história evolutiva e como o comportamento, em si, altera a seleção natural. [...] Se nós aceitamos sua [de Darwin] posição de que não existe aspecto do comportamento humano que não possa, eventualmente, ser entendido por uma explicação evolutiva, então, nossa meta é tentar completar o programa. (EDELMAN, 1992, p. 45)

Para Sacks (1995), a TSGN pode ser vista como a primeira teoria verdadeiramente global da mente e da consciência; a primeira teoria biológica da individualidade e da autonomia. Além disso, para Edelman (1992), a TSGN é capaz de conectar a psicologia e a biologia, completando o programa darwiniano de explicar a consciência e a mentalidade a partir de uma perspectiva evolucionista. A extensão metafórica da teoria da seleção natural para o domínio da compreensão do cérebro, da mente e da consciência seria, assim, uma etapa fundamental na constituição do próprio programa darwiniano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fenômenos biológicos complexos, como a consciência, por exemplo, desafiam, até os dias atuais, as explicações mecanicistas apresentadas pela ciência. A complexidade desses fenômenos leva à necessidade de modelos explicativos multicausais que ultrapassam os limites de uma única disciplina, como a Biologia, por exemplo. Nesses casos, o uso de metáforas, embora tenha seus riscos, é uma ferramenta heuristicamente poderosa na construção do conhecimento científico, tendo demonstrado seu poder numa diversidade de campos do conhecimento. No caso da Biologia, o pensamento evolucionista,

desde a sua origem, vêm ganhando espaço nas explicações dos fenômenos científicos, principalmente dos fenômenos biológicos e a teoria da seleção natural, por sua vez, tem sido uma teoria-base fértil para a construção de teorias e modelos em outras áreas do conhecimento.

Dessa forma, a construção da TSGN oferece um exemplo bastante ilustrativo do poder heurístico da extensão metafórica, no caso, do pensamento evolucionista, levando a potenciais avanços no entendimento do SNC, da mente e da consciência. Neste caso, a TSGN leva em conta o pensamento darwiniano para entender o conhecimento humano e, portanto, pode ser considerada um exemplo da epistemologia evolucionista de Bradie (1994).

Esperamos ter mostrado as contribuições desta teoria e, assim, da extensão metafórica da teoria da seleção natural ao campo das neurociências, não obstante a cautela sempre necessária quando são aproximados campos do conhecimento distintos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, P. *Naturalizando a epistemologia*. In: P. ABRANTES (Org.) Epistemologia e Cognição. Brasília: Editora da UNB, 1993.
ABRANTES, P. Naturalismo Epistemológico: Apresentação. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 3, v. 8, n. 2, p. 7-26, 1998.
ABRANTES, P. Simulação e Realidade. *Revista Colombiana de Filosofia da Ciência*, v. 1, n. 1, p. 9-40, 1999.
BLACK, M. *Models and metaphors*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1962.
BLACK, M. *More about metaphors*. In: ORTONY, A. (Ed.) Metaphor and Thought. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
BLACKBURN, S. *Dicionário oxford de filosofia.* 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 1997.
BOYD, R. Metaphor and Theory Change: What is "metaphor" a metaphor for? In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought*. England: Cambridge University Press, 2nd ed, p. 481-494, 1993.
BRADIE, M. Models, Metaphors, and Scientific Realism. *Nature and Systems*, v. 2, p. 3-20, 1980.
BRADIE, M., Assessing Evolutionary Epistemology. *Biology and Philosophy*, v. 1, p. 401-459, 1986.
BRADIE, M. Epistemology from an Evolutionary Point of View. In: E. SOBER (Ed.) *Conceptual Issues in Evolutionary Biology.* 2. ed. Massachusetts: MIT Press, 1994.
BRADIE, M. Science and Mtaphor. *Biology and Philosophy*, v. 14, p. 159-166, 1999.
CAMPBELL, D. T., Blind Variation and Selective Retention in Creative Thought As in Other Knowledge Processes, *Psychological Review*, v. 67, p. 380-400, 1960.

CAMPBELL, D. T., *Evolutionary Epistemology*. In: P. A. SCHILPP (Ed). The Philosophy of Karl Popper I. 413-463. LaSalle, III.: Open Court, 1974.
EDELMAN, G. M. *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection.* New York: Basic Books, 1987.
EDELMAN, G. M., *Topobiology*. New York: Basic Books, 1988.
EDELMAN, G. M. *The Remembered Present.* New York: Basic Books, 1989.
EDELMAN, G. M. *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*, New York: Basic Books, 1992.
EDELMAN, G. M. e TONONI, G., *Neural Darwinism: The Brain as a Selectional System*. In: J. CORNWELL (Ed.) Nature´s Imagination: The Frontiers of Scientific Vision. Oxford: Oxford University Press. p. 78-100, 1995.
EDELMAN, G. M. e TONONI, G., Consciousness and Complexity. *Science,* v. 282, p. 1846-1851, 1998.
EDELMAN, G. M. e TONONI, G. *A Universe of Consciousness: How Matter Becomes Imagination*. New York: Basic Books, 2000.
GENTNER, D. e JEZIORSKI, M. The shift from metaphor to analogy in western science. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought*. 2. ed. England: Cambridge University Press, 1993.
HONDERICH, T, *The Oxford Companion to Philosophy*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
KANDEL, E. R; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. *Fundamentos da neurociência e do comportamento*, Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1997.
KANDEL, E. R; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M., *Principles of Neural Science*. New York: McGraw-Hill, 2000.
KIM, J. *Philosophy of Mind*. Boulder: Westview Press, 1996.
KIM. J. *Mind in a Physical World: Na Essay on the Mind-Body Problem and Mental Causation*. Cambridge: MIT Press, 1998.
LAKOFF, G.; JOHNSON, M. L. *Metaphors We Live By*. Chicago: Chicago University Press, 1980.
MAYR, E. *Typological versus Population Thinking*. In: E. SOBER (Ed.) Conceptual Issues in Evolutionary Biology. 2. ed. Massachusetts: MIT Press, 1994.
MAYR, E. *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: Editora da UNB, 1998.
NIJHOUT, F. H. Metaphors and the role of genes in development. *Bioessays*, v. 12, n. 9, p. 441-446, 1990.
ORTONY, A. *Metaphor and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
ROCHA, P. L. B.; EL-HANI, C. N. The Description of the Evolutionary Process as a Metaphor of Phylogenetic Systematics. *Journal of Comparative Biology*, v. 1, n. 1/2, p. 17-28, 1996.
SACKS, O. *A New Vision of the Mind*. In: J. CORNWELL (Ed.). Nature´s Imagination: The Frontiers of Scientific Vision. Oxford: Oxford University Press, 1995.
VAN DER WEELE, C. *Images of Development: Environmental Causes in Ontogeny*. Albany-NY: SUNY Press, 1999.

CRIACIONISMO E DARWINISMO CONFRONTAM-SE NOS TRIBUNAIS... DA RAZÃO E DO DIREITO

Paulo Abrantes [*] ***e Fábio Portela Lopes de Almeida*** [**]

RESUMO

Neste artigo examinamos os aspectos epistemológicos e jurídicos da controvérsia que opõe darwinistas e criacionistas no contexto de decisões acerca do currículo nas escolas públicas. Essa controvérsia, já antiga e persistente no cenário norte-americano, adquiriu recentemente relevo no Brasil por meio da Lei Estadual n. 3.459/2000, do Estado do Rio de Janeiro. A primeira seção do artigo expõe as principais teses defendidas pelos darwinistas e pelos criacionistas. Mostramos que os criacionistas modificaram o modo como apresentaram suas convicções centrais, em função das decisões judiciais que têm impedido o ensino do criacionismo nas escolas públicas norte-americanas. Em seguida, discutimos o papel que os filósofos podem ter num debate judicial, tomando como modelo o caso *McLean vs. Arkansas Board of Education*, em que o filósofo Michael Ruse foi ouvido como testemunha. Os critérios propostos por Ruse para caracterizar a atividade científica e seus produtos – que conduzem, em última instância, a descartar o criacionismo como uma doutrina não-científica -, são o ponto de partida de uma tentativa de explicitar as imagens de natureza e de ciência que se consolidaram desde o advento da ciência moderna. Nesta segunda parte do artigo, também analisamos as divergências entre Ruse, Larry Laudan e Barry Gross a respeito da relevância e legitimidade do chamado "problema da demarcação" num contexto filosófico, bem como num contexto jurídico. A terceira seção do artigo busca mostrar que a controvérsia norte-americana não é, contudo, o pano de fundo adequado para se avaliar as implicações da Lei Estadual n. 3.459/2000. Argumentamos, além disso, que a sua constitucionalidade é bastante discutível, quando examinada a partir do direito à liberdade religiosa.

[*] Professor do Departamento de Filosofia e do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília. *E-mail: abrantes@unb.br; http://www.unb.br/ih/fil/pcabrantes/*

[**] Professor de Ética e Filosofia do Direito do Instituto de Educação Superior de Brasília. *E-mail: fabio.portela@gmail.com*

Palavras-chave: darwinismo, criacionismo, imagens de natureza, imagens de ciência, problema da demarcação, liberdade religiosa, currículo das escolas públicas.

CREATIONISM AND DARWINISM CONFRONT EACH OTHER IN THE TRIBUNALS... OF REASON AND OF THE RIGHTS

In this paper we examine the epistemological and juridical aspects of the controversy that opposes darwinists and creationists in the context of decisions concerning the public school syllabus. This old and enduring controversy in the North-American scenario, became recently salient in Brazil through the law n. 3.459/2000 of the Rio de Janeiro State. The first section of the paper attempts to present the main theses sustained by the darwinists and by the creationists. We show that the creationists changed the way they presented their chief commitments as a response to decisions in the courts, which rejected the teaching of creationism in the North-American public schools. In what follows, we discuss the role philosophers might play in debates in the courts, taking as a model the *McLean vs. Arkansas Board of Education* case, in which the philosopher Michael Ruse was a witness. The criteria proposed by Ruse to characterize the scientific activity and its products – which lead ultimately to discard creationism as a non-scientific doctrine –, are the starting point of an attempt to make explicit the images of nature and science that coalesced since the inception of modern science. In the second section of the paper we also analyze the clash of opinions between Ruse, Larry Laudan and Barry Gross concerning the relevance and legitimacy of the so-called "demarcation problem" in a philosophical context, as well as in a juridical context. The third section of the paper attempts to show that the North-American controversy is not an adequate background, though, for analyzing the implications of the State Law n. 3.459/2000. We argue, furthermore, that its constitutionality is questionable, given the right to religious freedom.
Key words: Darwinism, creationism, images of nature, images of science, demarcation problem, religious freedom, public schools' syllabus.

INTRODUÇÃO

Embora os princípios básicos da teoria darwinista da evolução sejam amplamente aceitos na comunidade científica, não se pode dizer o mesmo na sociedade como um todo, onde têm sofrido bastante resistência. Isso não é de

se estranhar, tanto pelo caráter revolucionário dessa teoria – certamente a que maior impacto teve sobre as nossas imagens de natureza e de homem desde a Revolução Copernicana – quanto pela dificuldade que apresenta uma compreensão plena do funcionamento do mecanismo de seleção natural e uma avaliação precisa das suas implicações, a despeito da sua (aparente) simplicidade.

Este trabalho pretende confrontar, em particular, a teoria darwinista da evolução e um conjunto de concepções que se pretendem rivais a essas, normalmente reunidas sob o título mais geral de "criacionismo". O nosso objetivo não é contra-argumentar diretamente as teses criacionistas ou apresentar argumentos a favor de um ponto de vista darwinista – este é um empreendimento que cabe, em última instância, aos biólogos. O nosso foco é o debate filosófico em torno dos pressupostos dessas concepções e dos critérios que possibilitam aferir a sua confiabilidade epistêmica. Também teceremos considerações jurídicas a respeito do impacto dessa controvérsia na educação brasileira.

A controvérsia que opõe criacionistas a darwinistas não parece estar tão presente no Brasil quanto nos Estados Unidos da América. Ela ocupa importante espaço na agenda do poder judiciário dos EUA, tendo inclusive chegado a ser objeto de julgamento por parte da Suprema Corte. Entretanto, é importante notar que os movimentos anti-darwinistas vêm crescendo no Brasil nas últimas décadas: a Sociedade Criacionista Brasileira, por exemplo, já tem 34 anos e oferece "cursos de capacitação" para professores.[1] Recentemente, o fator que contribuiu de modo decisivo para o crescimento do criacionismo no Brasil foi a promulgação da lei estadual número 3.459, de 2000, no Estado do Rio de Janeiro, que determinou o ensino confessional religioso nas escolas públicas. Como se verá ao longo do artigo, essa lei permitiu que a controvérsia se instaurasse sorrateiramente no ambiente educacional brasileiro.

Daí a importância de que se reveste este empreendimento filosófico e jurídico. Inicialmente, procuraremos apresentar as teses darwinistas e criacionistas, enquanto diferentes maneiras de se explicar a história dos seres vivos. Em seguida, discutiremos suas credenciais epistêmicas no contexto da discussão, em filosofia da ciência, do problema da demarcação. Ao longo do artigo, investigaremos as interfaces entre o problema epistemológico e o problema jurídico, com vistas a contribuir para uma maior conscientização das implicações da lei estadual fluminense. Questões de metafísica também estarão em foco na medida em que se relacionam intimamente, no contexto dessa discussão, com questões epistemológicas e metodológicas.

---

[1] A propósito, ver sítio eletrônico da Sociedade Criacionista Brasileira: www.scb.org.br.

AS TESES DARWINISTAS E CRIACIONISTAS

As teses darwinistas

São diversas as ordens de questionamento de que tem sido alvo a evolução darwinista.[2] Em primeiro lugar, pode-se colocar em questão o status factual da evolução: a) A evolução das espécies é um dado empírico, comprovado além de toda dúvida? Mesmo que (a) seja respondida afirmativamente, ainda se pode colocar uma outra questão, agora de ordem explicativa: b) A teoria proposta por Darwin, em especial o mecanismo de seleção natural, é a melhor explicação para este fato, ou suas credenciais são duvidosas?

A teoria da evolução sofreu modificações e acréscimos substanciais desde Darwin, que culminaram com a chamada teoria sintética, ou teoria neodarwinista, no século XX. A biologia evolutiva contemporânea é uma área muito dinâmica, em que progressos importantes vêm sendo empreendidos na compreensão dos fenômenos evolutivos. Não é nossa intenção, neste artigo, como explicitamos na Introdução, entrar em detalhes a esse respeito. Queremos enfatizar, entretanto, que as questões controversas para a comunidade atual de biólogos não comprometem os fundamentos da teoria, estabelecidos por Darwin. Invocamos, a esse respeito, a autoridade de Gould – um biólogo que não pode ser taxado de ortodoxo. Gould defende a existência de uma continuidade entre as várias versões do darwinismo, desde que Darwin formulou a primeira. Haveria um núcleo central a qualquer teoria que se pretenda darwinista, consistindo numa mecânica acrescida de três princípios.

Gould formula a mecânica da seleção natural em termos de três fatos inegáveis e de uma inferência silogística. Os fatos são: superprodução de descendência, variação e herança. A inferência silogística é a seleção natural propriamente dita: "organismos gozando de sucesso reprodutivo diferencial serão, em média, aqueles variantes que são fortuitamente melhor adaptados a mudanças em ambientes locais e que, conseqüentemente, passarão seus traços favorecidos à

---

[2] Embora a expressão "evolução darwinista" possa parecer redundante, convém lembrar que há concepções evolucionistas não-darwinistas como, por exemplo, a lamarckista, como veremos abaixo. Por esta razão, preferimos usar, ao longo deste artigo, "darwinismo" em lugar de "evolucionismo", já que este termo apresenta ambiguidades. Além disso, "evolucionismo" é associado, por certos autores, a uma ideologia e não a uma teoria científica (ver, por exemplo, RUSE, 2005; 2006, p. 207). Esse termo comparece, contudo, em diversos citações em nosso artigo por uma questão de fidelidade aos textos originais.

descendência, por hereditariedade" (GOULD, 2002a, p. 13).[3] Gould complementa esse "mecanismo abstrato" com três "princípios mais amplos" que fornecem estofo a esse "esqueleto": 1) *agência* (seleção no nível do organismo, que seria o *locus causal*); 2) *eficácia* (a seleção como força positiva, criativa); 3) *escopo* (modos e mecanismos microevolucionários, atuando cumulativa e continuamente ao longo de vastos períodos de tempo, explicando a macroevolução, ou seja, toda a diversidade das formas de vida e sua dinâmica).[4]

---

[3] Há várias formulações equivalentes da teoria darwinista e, em particular, do mecanismo de seleção natural. Mayr, por exemplo, propõe uma reconstrução da lógica da teoria como um conjunto de três inferências, baseadas em cinco fatos (Mayr, 1982, p. 479). Em outros momentos, Mayr enfatiza que "a estrutura conceitual de Darwin", ou "paradigma", não é monolítico, mas sim composto de cinco teorias, cada uma tendo uma história particular (MAYR, 1991, p. 36; 1982, p. 505). A teoria da seleção natural seria a mais revolucionária delas, e a que mais sofreu resistência, por "explicar 'projetos' [*design*] na natureza como o resultado de um processo puramente não-teleológico, materialista [...] que eliminou a necessidade de qualquer teleologia global" (MAYR, 1982, p. 509). Este é o ponto que destacaremos no item 2.1.1. Ver também Meyer e El-Hani (2000).

[4] Em seu último livro, que coroa e sintetiza a sua vasta obra, Gould (2002a) serve-se do desenho de um coral fóssil, descoberto por Agostino Scilla no séc. XVII, para representar o darwinismo, distinguindo os cortes no coral que abalariam os seus fundamentos, daqueles cortes que correspondem a questões controversas para a comunidade contemporânea de biólogos, gerando ramificações, poderíamos dizer, periféricas, nesse coral, ou seja variantes teóricas que compartilham o mesmo fundamento. O núcleo do darwinismo (Gould chega a falar, surpreendentemente, de sua "essência"(GOULD (2002a, p. 7), seria abalado somente se, além de se rejeitar a mecânica da seleção natural, se rejeitasse qualquer um dos três princípios que acabamos de apresentar. As controvérsias atuais que geram diferentes versões do darwinismo (todas, contudo, comprometidas com o mesmo núcleo duro) referem-se ao que Gould chama de "cortes de revisão" na teoria, em número de três: R_1- Um modelo hierárquico de seleção atuando simultaneamente em múltiplos níveis e não somente no nível do organismo; R_2 – A importância, na evolução, de restrições estruturais, históricas e de desenvolvimento, colocando em cheque um "adaptacionismo", ou "funcionalismo", puro; R_3 – A ênfase em "modos macroevolutivos" como o equilíbro pontuado, por exemplo, ou a extinção em massa (os modos microevolutivos propostos por Darwin não são mais considerados suficientes para explicar a evolução). Os cortes de revisão geram "uma teoria diferente muito mais rica, que mantém um núcleo enraizado nos princípios da seleção natural" (GOULD, 2002a, p. 20). Poderíamos, indo além de Gould, incluir em R_2 as tentativas de se articular, de forma estreita, processos ontogenéticos e filogenéticos (como propõe a teoria de sistemas em desenvolvimento, mais conhecida como *evo-devo* e que critica o dualismo tradicional entre replicadores e interagentes; ver GRIFFITHS e GRAY, 1994; STERELNY & GRIFFITHS, 1999). A importância cada vez maior atribuída à construção de nichos pode também ser vista como uma expansão – termo usado com frequência por Gould – fundamental da teoria da evolução, colocando em questão o adaptacionismo (ver também a nota 8). Além dos cortes de revisão, Gould discute outros cortes possíveis, "subsidiários", que podem resultar em novas variantes teóricas da teoria neodarwinista. Enfim, o darwinismo, mantém-se um coral vivo. E que teoria, genuinamente científica, não admite esse tipo de dinâmica?

O princípio 2 merece ser sublinhado, já que a seleção é freqüentemente vista, de modo equivocado, como uma força meramente negativa, que teria somente o papel de eliminar aquelas variações que não são adaptativas. Ao não se admitir a "força criativa" da seleção natural, a origem de projetos (*design*) complexos mantém-se um enigma. Um outro equívoco, relacionado ao anterior, e também bastante comum, é o de ver a seleção natural como um mecanismo totalmente baseado no acaso. Na verdade, a seleção natural combina processos aleatórios (melhor seria dizer "cegos") com processos em nada aleatórios.[5]

Para esclarecer este último ponto, convém recapitular um aspecto que distingue a evolução darwinista da evolução lamarckista.[6] Naquele tipo de evolução, a causa da variação adaptativa não é o ambiente, que simplesmente exerce o papel de selecionar as variações geradas, digamos, autonomamente, cegamente (ou seja, de modo não informado) pelos sistemas biológicos. As variações não são, portanto, instruídas (direcionadas) pelo ambiente. Há desacoplamento entre os processos de seleção e de variação. Em outras palavras, a geração de variações não está correlacionada com informações a respeito do que pode ou não ser útil ao sistema, informações a respeito de possíveis soluções para os seus problemas adaptativos. O darwinismo, ao defender que o processo de variação é cego, rejeita, portanto, a tese de que as variações tendam a ser favoráveis ao indivíduo, no sentido de melhorar necessariamente a sua adaptação ao ambiente.[7]

---

[5] Dawkins (1996, p. 80), por exemplo, mostra de modo esclarecedor como esse erro encontra-se na base de muitas críticas infundadas ao poder da seleção natural em explicar os diversos projetos orgânicos. Vale lembrar, entretanto, que o mecanismo de seleção natural é, na versão atual da teoria, somente um dos mecanismos envolvidos na evolução biológica, ao lado da deriva genética, entre outros. Há controvérsias, inclusive, quanto ao peso relativo que cada uma dessas causas teria sobre os fenômenos evolutivos. Mas é indiscutível que o mecanismo de seleção natural possui um papel crucial para explicar a origem de projetos complexos sem um apelo providencialista, e o destacamos neste artigo por ilustrar, de modo cabal, as motivações e implicações revolucionárias do darwinismo.

[6] Não estamos aqui preocupados em ser fiéis, historicamente, ao modo como Darwin e Lamarck formularam as suas teorias, mas sim numa tradução mais abstrata de suas contribuições, enquanto duas modalidades distintas de se explicar fenômenos evolutivos. A comparação pretende, sobretudo, tornar mais evidentes as imagens de natureza e de ciência associadas a tais modalidades explicativas.

[7] Por contraste, na evolução lamarckista as variações se dão em direções que garantem a adaptação do indivíduo ao ambiente. Nesse tipo de evolução, o indivíduo adapta-se ao ambiente durante o (relativamente curto) lapso da sua existência. O indivíduo transmite, então, as características adquiridas aos seus descendentes. A causa da variação adaptativa é, de forma direta, o ambiente. Este instrui (informa) o organismo sobre como melhorar a sua adaptação. Usando-se (anacronicamente, é claro) os conceitos da genética, seria lamarckista a tese de que modificações no fenótipo (como consequência de suas interações com o ambiente) causam

O ambiente desempenha um papel central, afetando a distribuição estatística dos genes em certa população (e, por extensão, na filogênese). Mas, isso se dá, na evolução darwinista, pela seleção dos fenótipos, que funcionam como veículos para certos genótipos. São os fenótipos que interagem causalmente com o ambiente externo e não os genótipos.[8] Os fenótipos são selecionados com base no seu maior ou menor grau de adaptação que condiciona, por sua vez, o potencial de reprodução dos organismos. Quanto mais descendentes deixa o organismo, em função dos seus traços fenotípicos, maior é a participação dos seus genes na geração seguinte da população.

Queremos também colocar em relevo que, para o darwinismo, não há adaptação ideal, absoluta, de um organismo. A adaptação de um ser vivo é sempre local, relativa a um ambiente particular. Se houver mudanças nas características do ambiente, o organismo pode não mais revelar-se adaptado. Tampouco há progresso na evolução, ou seja, uma linha ascendente. Por outro lado, no darwinismo a evolução tem um caráter estatístico: temos que falar sempre de populações e da distribuição de características em uma população, o que dificulta a comparação com uma concepção lamarckista de evolução (ver nota 7). A evolução darwinista se expressa na população, e não no desenvolvimento de um indivíduo particular.

O nosso intuito em destacar as teses darwinistas fundamentais é abrir caminho para uma explicitação das imagens de natureza associadas, um empreendimento propriamente filosófico que iniciaremos no item Pressupostos metafísicose epistemológicos da atividade científica. Antes disso, gostaríamos de dar os primeiros passos na frente jurídica e, por essa via, apresentar as teses criacionistas.

As teses criacionistas e a jurisprudência norte-americana

Optamos por formular as teses criacionistas no contexto dos embates jurídicos que estas suscitaram, já que as próprias decisões judiciais levaram

---

mudanças no genótipo, sendo dessa forma transmitidas para a descendência. A informação flui do ambiente para o fenótipo, e deste para o genótipo. É nesse sentido que se deve entender a tese de que, no lamarckismo, o ambiente instrui o organismo a respeito das modificações (variações) que são adaptativas. Ainda uma outra maneira de dizer isso seria: no lamarckismo há acoplamento entre as variações e as condições ambientais relevantes.

[8] Dawkins propôs o termo “veículo” para designar aquilo que desempenha as funções do organismo na biologia evolutiva, no contexto do chamado “ponto de vista do gene” (ver DAWKINS, 1976; WILLIAMS, 1996). Enquanto os veículos de Dawkins são passivos, os “interagentes” de Hull (2001) são ativos. A terminologia de Hull é mais adequada para contemplar o que estabelece o princípio 1 de Gould, exposto acima.

os criacionistas a variar o modo como apresentam as suas teses (PENNOCK, 2000, p. 1-6). Os processos judiciais nos EUA são, nesse sentido, instrutivos para revelar o cerne do debate, já que os criacionistas mudaram constantemente de estratégia com o objetivo de afirmar o criacionismo como uma teoria científica, apta, portanto, a ser ensinada em escolas públicas.

Além disso, é importante ter em mente que não houve, desde o início, um único conjunto de teses defendido pelo criacionismo. Há criacionistas que adotam uma interpretação literal da Bíblia, assumindo que a Terra foi criada em seis dias, há aproximadamente 6.000 anos (os chamados *young Earth creationists*); e há criacionistas que defendem uma interpretação menos literal, que busca acomodar a leitura bíblica às descobertas científicas. De acordo com a interpretação deste último grupo, Deus criou o mundo em seis grandes eras, cada qual descrita na Bíblia como um dia (os chamados *day-age creationists*). Há, também, outros grupos de criacionistas que, com vistas a evitar uma caracterização religiosa, não discutem a natureza do criador, defendendo, apenas, a tese mais formal de que a vida foi criada. É o caso do movimento do *design* inteligente (*intelligent design*), que tem desenvolvido a tese, à primeira vista menos comprometedora, de que, ante à complexidade supostamente irredutível dos seres vivos, foi necessária a intervenção de um projetista, de um *designer* (PENNOCK, 2000; RUSE, 2006, p. 282-4.).[9] Ou seja, os defensores do *design* inteligente se dizem apenas comprometidos com a tese mais fraca de que é necessário um projetista, independentemente de como ele tenha produzido os diversos projetos com que nos confrontamos no mundo natural. Isso revela uma premissa que, embora seja ocultada pelo argumento, ainda está presente e é comum a todas as versões do criacionismo – a tese providencialista de que algo (ou alguém) foi responsável por projetar os seres vivos. Assim, em última instância, também o design inteligente está comprometido com a suposição de que as características dos seres vivos requerem a intervenção de um criador. Ao longo do texto, salvo quando o tema exigir a especificação da corrente criacionista comentada, usaremos a expressão "criacionismo" para nos referir a um núcleo comum de teses agrupáveis sob esse título.

Antes de passar à análise dos principais casos judiciais nos EUA, é preciso situar a controvérsia historicamente. Após a I grande guerra, um forte movimento comandado por fundamentalistas religiosos (defensores de uma

[9] É preciso sublinhar, a título histórico, que Darwin nunca pretendeu explicar o surgimento da vida. Este não era o seu problema. A sua teoria simplesmente afirma que, se houver vida, e se determinadas condições forem preenchidas, então as formas de vida evoluirão.

leitura literal da Bíblia) conseguiu proibir o ensino do darwinismo nas escolas em vários estados do sul dos Estados Unidos. Nessa época, o caso de John Scopes, um professor do estado de Tennessee condenado por ter ensinado a teoria da evolução, ficou bastante conhecido (foi produzido, inclusive, um filme inspirado por esse episódio – *O vento será tua herança*, dirigido por Stanley Kramer). Embora o advogado de Scopes, Clarence Darrow, tenha feito uma defesa brilhante do darwinismo, mostrando as contradições e incoerências de uma leitura literal da Bíblia, a corte estadual determinou que a proibição era constitucional. Só nos anos 60, a lei do estado de Tennesse foi julgada inconstitucional pela Suprema Corte daquele país.

Segundo Michael Ruse (1996a), após essa determinação da Suprema Corte, os fundamentalistas mudaram sua estratégia e passaram a defender que o criacionismo teria base empírica, e forjaram a expressão "ciência da criação" (*creation science*). Conseqüentemente, essa "ciência" poderia ser avaliada segundo os mesmos padrões metodológicos aplicáveis à "ciência da evolução" (*evolution science*). Caso passasse pelo crivo, teria os mesmos direitos de ser ensinada na escola pública, ao lado desta última.

Para que se tenha uma idéia da influência dos criacionistas nos EUA, Michael Ruse cita um trecho de um discurso de Ronald Reagan, durante a sua campanha para a eleição presidencial, referindo-se à teoria da evolução:

> Bem, ela é uma teoria, é somente uma teoria científica, e tem sido contestada nos últimos anos no mundo da ciência e, na comunidade científica, não se acredita ser tão infalível como outrora. Mas se ela vier a ser ensinada nas escolas, então eu penso que a teoria bíblica da criação – que não é uma teoria mas a estória bíblica da criação – também deva ser ensinada. (REAGAN *apud* RUSE, 1996a, p. 17)[10]

Embora não se espere sofisticação filosófica dos políticos – sobretudo quando fazem campanha – é relevante, mesmo assim, atentar para o uso do termo "teoria" como indicando algo ainda provisório (ou hipotético), e também para a invocação do critério de infalibilidade (ou de certeza), tacitamente considerado como um traço característico do conhecimento científico (ou ainda, um objetivo perseguido pelos cientistas).

Voltaremos, mais adiante, à questão dos critérios de cientificidade, bem como do *status* epistemológico das teorias científicas. De 1925, ano do caso Scopes, até 1967, quando a lei do Tennessee foi declarada inconstitucional, não houve grandes embates entre criacionistas e darwinistas porque os livros-

[10] Todas as traduções do artigo são livres, de responsabilidade dos autores.

texto utilizados nas aulas de Biologia simplesmente não tratavam do assunto "evolução". Os editores estavam preocupados com a polêmica suscitada pelo caso Scopes e o darwinismo se tornou um tabu, e só era estudado nas universidades (SONDER, 1999, p. 43). Em 1957, quando os soviéticos lançaram o Sputnik I, no início da Guerra Fria, as coisas mudaram. O ensino de ciências passou a ser considerado prioritário para fazer frente ao desenvolvimento tecnológico soviético, e o Congresso norte-americano passou a investir em várias organizações voltadas para a pesquisa e a educação. Dentre essas organizações, a BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) recebeu investimentos para desenvolver livros-texto de biologia para as escolas.

Essa política educacional gerou novos conflitos, principalmente nos estados do sul dos EUA.[11] Em 1968, uma professora de Biologia do estado do Arkansas, Susan Epperson, propôs uma ação desafiando a constitucionalidade de uma lei estadual que proibia o ensino do darwinismo em escolas públicas, ou mesmo a adoção de livro-texto que abordasse o tema. Na primeira instância (*State Chancery Court*), a ação foi julgada procedente ante ao entendimento de que a lei estadual violava a liberdade de expressão, consagrada na Primeira Emenda,[12] e o devido processo legal,[13] delineado na Décima Quarta Emenda Constitucional. A Suprema Corte do Estado cassou a sentença de primeira instância, por entender que o Estado tinha a competência de especificar o currículo escolar e que a lei estadual apenas proibia o professor de dizer que a teoria da seleção natural darwiniana era verdadeira, mas não o impedia de apresentá-la. Mas a professora Epperson apelou para a Suprema Corte norte-americana que, por unanimidade, declarou inconstitucional a lei estadual. Sete dos juízes apontaram como fundamento a violação da *Establishment Clause*, que veda o estabelecimento de uma religião pelo Estado; e os outros dois

[11] É importante ressaltar a predominância, nesses Estados, de grupos religiosos tradicionalmente mais conservadores. Desde a década de 1970, esses grupos – que podem ser reunidos em torno do que se convencionou chamar de "direita cristã" - vêm crescendo vertiginosamente (GREEN *et al.*, 2003).

[12] A Primeira Emenda da Constituição americana tem a seguinte redação: "O congresso não promulgará nenhuma lei que estabeleça uma religião ou proíba seu exercício; ou que limite a liberdade de expressão ou de imprensa; ou o direito do povo se reunir pacificamente e de redigir petições para o governo com o intuito de reparar agravos". No tocante à liberdade religiosa, é importante sublinhar que a Primeira Emenda estabelece duas normas: (a) proíbe que o congresso promulgue lei que estabeleça uma religião (chamada de *Establishment clause*) ou que (b) cerceie o exercício da religião (a *free exercise clause*).

[13] A cláusula do devido processo legal implica que a todos é garantido o direito a um processo nos termos definidos legalmente, devendo ser assegurado o direito à igualdade e à ampla defesa.

concordaram quanto ao resultado, embora por outros fundamentos: entenderam ter ocorrido violação do princípio de liberdade de expressão e do princípio do devido processo legal.[14]

Ante a proibição de ensinar o criacionismo nas escolas públicas por se tratar de uma doutrina religiosa, os seus defensores mudaram de postura. Passaram a buscar, então, falhas teóricas e empíricas na teoria darwinista defendendo teses como, por exemplo, a de que as camadas geológicas não são uniformes em todo o planeta e que isso seria uma confirmação do dilúvio; ou ainda, que os métodos de medição da idade da Terra por meio de radioisótopos não são confiáveis. Ao mesmo tempo, buscavam demonstrar que o mundo, necessariamente, foi criado por alguém. Nessa mudança de perspectiva, alguns criacionistas passaram a se desvincular da idéia de Deus, associada ao universo religioso judaico-cristão, e passaram a fazer referência a outros possíveis criadores, como alienígenas. Mais recentemente, os proponentes do *design* inteligente sequer fazem referência às características do criador (renomeado de "projetista" – *designer*), como indicamos anteriormente.

Com essa mudança de estratégia, ocorrida após o caso Epperson *vs.* Arkansas, os criacionistas mudaram também de estratégia política. Passaram a atuar mais ativamente nos conselhos estaduais de educação para mudar o currículo dos cursos de Biologia, buscando uma solução pretensamente conciliatória (conehcido como "tratamento balanceado"), sugerindo a inclusão do ensino do criacionismo sempre que a escola ensinasse o darwinismo. Foi o que aconteceu em 1982, no caso McLean *vs.* Arkansas Board of Education, que descrevemos com mais detalhes a seguir.

Talvez nenhum outro episódio demonstre de forma tão cabal a influência política e a penetração do criacionismo nos EUA, quanto a promulgação, em março de 1981, pela Câmara Legislativa do Estado de Arkansas do *Act 590*, que determinava o "tratamento balanceado": se um professor viesse a ensinar a teoria da evolução em sala de aula, ele deveria também abrir espaço para o ensino da ciência criacionista.

---

[14] De acordo com o Ministro da Suprema Corte Americana, o Justice Fortas, que falou pelo Tribunal ao proferir a decisão, o fundamento central da decisão foi a defesa, por parte da lei, de uma doutrina religiosa (a cristã) como ponto de partida para negar a possibilidade de uma teoria científica no âmbito da escola pública: "O fato determinante é que a lei do Arkansas proíbe o ensino de um segmento particular do corpo de conhecimento tão-somente pela razão de que conflita com uma doutrina religiosa particular; isto é, com uma interpretação particular do livro do Gênesis, feita por um determinado grupo religioso" (trecho da decisão, que pode ser acessado no sítio ele etrônico http://www.law.umkc.edu/faculty/projects/ftrials/conlaw/Epperso.htm).

Em dezembro daquele mesmo ano, a ACLU (*American Civil Liberties Union*) – organização que tem por objetivo defender os direitos constitucionais dos cidadãos americanos- propôs uma ação judicial contra o Estado de Arkansas. Tendo em vista que a Primeira Emenda da Constituição americana estipula a separação entre a Igreja e o Estado (a *Establishment Clause*) e que, portanto, a religião não pode ser ensinada enquanto tal nas escolas públicas, a ACLU considerou que o *Act 590* feria os direitos constitucionais dos cidadãos de Arkansas.

A acusação pressupunha, portanto, que a tal "ciência criacionista" não passava de um discurso religioso travestido de científico. A estratégia da acusação foi, conseqüentemente, a de estabelecer uma distinção entre religião e ciência, que tornasse ilegítimo o uso do termo ciência para designar o conjunto das teses criacionistas. Veremos que esse ponto tornou-se objeto de controvérsia entre filósofos da ciência: a ACLU argüiu que o criacionismo é religião e não ciência de "má qualidade" – por comparação a uma ciência de "boa qualidade", representada pela teoria darwinista da evolução.

É relevante, nesse contexto, citar um trecho da lei que estava em vigor em 1981 no estado de Arkansas e que coloca, lado a lado, as teses defendidas pelas duas "ciências" rivais:

> (A) "Ciência da criação" significa as evidências científicas a favor da criação e as inferências a partir dessas evidências científicas. A ciência da criação inclui as evidências científicas e as inferências relacionadas que indicam: 1) A criação súbita do Universo, da energia e da vida a partir do nada; 2) A insuficiência da mutação e da seleção natural para produzirem [*to bring about*] o desenvolvimento de todas as espécies [*kinds*] vivas a partir de um único organismo; 3) Mudanças das espécies de plantas e de animais originalmente criados, somente dentro de limites fixos; 4) A ancestralidade separada do homem e dos macacos; 5) A explicação da geologia da Terra através do catastrofismo, incluindo a ocorrência de um dilúvio de dimensões planetárias e; 6) o surgimento [*inception*] relativamente recente da Terra e das espécies vivas.
> (B) "Ciência da evolução" significa as evidências científicas a favor da evolução e as inferências a partir daquelas evidências científicas. A ciência da evolução inclui as evidências científicas e inferências relacionadas que indicam: 1) A emergência do Universo por processos naturais a partir da matéria desordenada e a emergência da vida a partir da não-vida; 2) A suficiência da mutação e da seleção natural para produzirem o desenvolvimento das espécies vivas do presente, a partir de espécies anteriores mais simples; 3) A emergência [sic] pela mutação e seleção natural das espécies vivas do presente a partir de espécies anteriores mais simples; 4) A emergência do homem a partir de um ancestral comum com

os macacos; 5) A explicação da geologia da Terra e da seqüência evolutiva pelo uniformismo e; 6) O surgimento, há vários bilhões de anos atrás, da Terra e, algum tempo depois, da vida (*Apud* Ruse, 1996a, p. 18).

A maneira como são formulados, acima, os enunciados da chamada "ciência da criação" e da "ciência da evolução" visam a apresentá-las como as únicas alternativas para explicar a história dos seres vivos.[15] Com isso, é desconsiderada a própria possibilidade de existirem outras explicações plausíveis. Além disso, essa estratégia favorece a tese de que tanto a "ciência da criação" quanto a "ciência da evolução" podem ser submetidas aos mesmos padrões de cientificidade. Apesar disso, o juiz Overton, responsável pelo julgamento do *Act 590*, como se verá no próximo item, defendeu a tese de que o criacionismo não se sujeita a padrões científicos de avaliação, mas a padrões religiosos (que dependem de uma fé dogmática acerca de certos postulados, assumidos desde o início como necessários, como a existência de "alguém" – cuja existência é inquestionada – capaz de criar tudo) e, portanto, enquadrou a postura criacionista como uma tentativa de ensinar uma doutrina religiosa em aulas de ciência, o que violaria a Primeira Emenda da Constituição norte-americana. Antes de discutir as questões filosóficas colocadas pelo caso McLean *vs.* Arkansas Board of Education, é relevante saber que, após 1982, alguns outros casos relativos à controvérsia foram julgados em tribunais norte-americanos. Em 1987, a Suprema Corte dos Estados Unidos manifestou-se, pela primeira vez, sobre a constitucionalidade do ensino do criacionismo nas escolas públicas.[16] No caso Edwards *vs.* Aguillard, questionou-se a constitucionalidade de uma lei do estado do Louisiana que obrigava o ensino da criação sempre que se ensinasse a teoria darwinista, em termos análogos ao *Act 590* do Arkansas. A Suprema Corte, ratificando o entendimento do juiz Overton

[15] Nesse sentido, é importante citar o seguinte trecho de Robert Pennock: "Quando a questão é posta como se existissem apenas duas opções mutuamente exclusivas para escolher, os criacionistas se tornam capazes de formular argumentos apenas negativos, apontando lacunas, reais ou supostas, na teoria evolutiva, e então alegam que, como a evolução tem tantos problemas, o criacionismo, a única alternativa, deve ser obviamente correta. Os filósofos da ciência Michael Ruse e Philip Kitcher já apontaram anteriormente a falácia lógica da versão clássica do criacionismo de terra jovem (*young-earth creationism*) – é um dilema falso argumentar que, se a evolução está errada, então um criacionismo que parta de uma leitura literal do gênesis está correta" (Pennock, 2000, p. 183). Mais adiante, no livro, Pennock argumenta que o *intelligent design*, embora um pouco mais sofisticado, continua a insistir nessa dualidade.

[16] Em 1968, a Suprema Corte havia se manifestado sobre a possibilidade de uma lei estadual proibir o ensino do darwinismo.

em 1982, decidiu o caso por maioria (7x2): o ensino do criacionismo não teria uma finalidade secular, mas religiosa, violando a *Establishment Clause*.

Apesar da decisão da Suprema Corte, a polêmica está longe de terminar. Após a decisão do caso Edwards *vs.* Aguillard*,* os criacionistas passaram a defender o já aludido *design* inteligente. Um novo *round* de lutas judiciais está se anunciando, apesar de os defensores do *design* inteligente terem publicado apenas um artigo em periódico científico (MEYER, 2004), o que evidencia a falta de aceitação da doutrina pela comunidade científica.[17] No primeiro julgamento judicial acerca da possibilidade do ensino do design inteligente, a Justiça Federal da Geórgia declarou inconstitucional comentário favorável ao criacionismo em livros-texto de Biologia do Condado de Cobb, por violar a separação entre estado e igreja, garantida pela Primeira Emenda. Em sentença publicada no dia 20 de dezembro de 2005 no estado da Pensilvânia, o juiz John Jones seguiu o entendimento da justiça da Geórgia, ao determinar que o ensino do design inteligente está intimamente ligado ao criacionismo e que, portanto, viola a separação entre estado e igreja.

Apesar dessas derrotas judiciais das pretensões criacionistas, novas disputas deverão ocorrer ao longo dos próximos anos pelo fato de que vários estados adotaram recentemente leis de "tratamento balanceado", como o Kansas, a Geórgia e o Arkansas.

OS FILÓSOFOS E OS TRIBUNAIS

Um aspecto notável do episódio de Arkansas é o grande debate filosófico suscitado. À época do julgamento, a ACLU contatou vários filósofos da ciência para atuarem como peritos no caso, mas a maioria não quis se comprometer. Michael Ruse, um filósofo e historiador da biologia canadense, aceitou o convite para prestar seu depoimento perante o juiz Overton. Caberia a esse especialista apresentar evidências históricas de como foram as relações entre as idéias darwinistas e a religião, especialmente no século XIX e, sobretudo, apresentar uma caracterização de ciência que mostrasse, de forma cabal, que o criacionismo não é científico. Esse foi o caminho traçado pela acusação para, juntamente com outros argumentos, mostrar que o criacionismo não tem direito a um tratamento balanceado e a ser ensinado nas escolas públicas.

[17] É relevante ressaltar que, de acordo com o Thomson Scientific, que classifica o impacto de periódicos científicos, o *Proceedings of the Biological Society of Washington*, onde foi publicado o artigo de Meyer, está classificado no ranking de relevância científica como o 2678º periódico, de um total de 3110 (STOKES, 2004). Ver também Ruse (2005, p. 279).

Em determinado momento do seu testemunho no processo movido contra o estado de Arkansas, o filósofo Ruse foi interrogado pelo juiz nos seguintes termos:

> P – O que é ciência?
> R – A ciência é uma tentativa de compreender o mundo físico primariamente por meio da lei, isto é, por meo de uma regularidade natural sem descontinuidade [*unbroken*].
> P – O senhor poderia explicar isso melhor, por favor?
> R – Sim, sem dúvida. A compreensão em ciência significa explicação e previsão. Por esse intermédio vêm o teste, a confirmação e o potencial para falsificar. Isso significa que a marca crucial da ciência é a de ser tentativa. (RUSE, 1996a, p. 26)

O juiz Overton partiu das considerações delineadas por Michael Ruse e Stephen Jay Gould (em menor grau) para descaracterizar o criacionismo como ciência, bem como dos testemunhos dos estudiosos em religião (Bruce Vawter, George Marsder e Langdon Gilkey) que mostraram, de forma cabal, ser o criacionismo uma doutrina religiosa, já que pressupõe a idéia de criação *ex nihilo*, crença típica de religiões judaico-cristãs, bem como a criação especial das espécies biológicas.

As respostas de Ruse foram convincentes, já que o juiz William Overton viria a incorporar vários dos critérios apresentados por este filósofo em seu veredicto:

> as características essenciais da ciência são:
> (1) Ela é guiada pela lei natural;
> (2) Ela tem que ser explicativa por referência à lei natural;
> (3) Ela é testável em confronto com o mundo empírico;
> (4) Suas conclusões são tentativas, i.e., não são necessariamente a palavra final;
> (5) Ela é falseável. (OVERTON, 1986, p. 318)

Pressupostos metafísicos e epistemológicos da atividade científica.

Ruse esclarece, em um ensaio que escreveu a respeito do processo movido pela ACLU, o que o levou a definir ciência daquele modo no tribunal: “eu acredito que o fator-chave distintivo da ciência seja seu recurso à lei, e sustentação na lei: regularidade cega, natural. Tudo o mais segue-se de um

desdobramento dessa noção: explicação, previsão, teste, confirmação, falseabilidade, caráter tentativo [*tentativeness*]" (RUSE, 1996a, p. 21).

Ruse está, nessa passagem, apontando para o conflito entre naturalismo e sobrenaturalismo, que possui uma longa história. O criacionismo é, obviamente, um exemplo desta última posição, já que pressupõe um agente sobrenatural que atua causalmente na esfera dos fenômenos físicos. O naturalismo, ao contrário, defende o "fechamento causal do mundo físico" e, logo, rejeita esse pressuposto do criacionismo. Pode-se, também, argumentar que os criacionistas, ao apelarem para intervenções sobrenaturais, rendem-se à impossibilidade de se estudar e compreender os fenômenos físicos, naturais, nos seus próprios termos.[18]

Os critérios propostos por Ruse refletem o fato de que a atividade científica contemporânea desenvolve-se com base em pressupostos metafísicos, metodológicos e axiológicos (relativos a valores) que se constituíram ao longo de séculos e que estão bastante consolidados. Como esses pressupostos são, via de regra, aceitos de forma tácita pelos cientistas, e são compostos de elementos heterogêneos, não completamente delineados e articulados, é conveniente denominá-los de um conjunto de "imagens de natureza e de ciência" (ABRANTES, 1998).

Imagens de natureza

A primeira resposta que Ruse dá à questão que lhe foi colocada – "O que é ciência?" – explicita um elemento fundamental da imagem moderna de natureza que se afirma com a revolução científica: os fenômenos naturais apresentam regularidades que possuem o caráter de leis. A ênfase no caráter natural dessas leis é fundamental, rejeitando-se algum tipo de causação sobrenatural que quebre o fechamento do mundo físico. O juiz Overton incorpora esse elemento no que apresenta como as duas primeiras "características essenciais da ciência".[19]

---

[18] No item 2.3, distinguiremos as modalidades metafísica e metodológica do naturalismo.

[19] Não é claro se Ruse subscreveria o juiz Overton quanto este classifica tais características como "essenciais" (ver, contudo, RUSE, 1999, p. 256; cf. 2005, p. 275-6). A nosso ver, o essencialismo é um equívoco, já que aquilo que hoje consideramos característico da ciência foi sendo articulado e incorporado pela atividade científica ao longo da história. Isso não significa, no entanto, que tais caracterísitcas (compondo a imagem atual de ciência) podem ser rejeitadas e relativizadas pelo simples fato de que são produtos históricos, do mesmo modo como teorias científicas são produtos históricos. Além disso, há uma interdependência entre imagens (de natureza e de ciência) e conhecimento substantivo (os fatos e teorias científicas

O desenvolvimento histórico das imagens de natureza passou por posições deístas e teístas no século XVII, até que se afirmasse um naturalismo robusto a partir do século XVIII, rejeitando-se qualquer apelo a Deus nas explicações científicas, incluindo as relativas aos fenômenos da vida.[20]

O deísta é aquele que atribui a Deus um papel na criação (causação primária), mas rejeita qualquer intervenção posterior de Deus na Natureza. Após a criação, os fatos se desenrolam estritamente segundo leis naturais e causação secundária. Qualquer fenômeno que fugisse a essa causação natural deveria ser considerado um milagre. Em outras palavras, não há lugar, numa imagem deísta de Natureza, para uma atividade sobrenatural (ou se quiserem para uma atividade espiritual) ordinária, regular, após a criação.

Já para o teísta, Deus continua intervindo na Natureza mesmo após a criação. Newton foi um teísta típico, acreditando, por exemplo, que a força gravitacional era a manifestação de um Deus extenso na Natureza. Tratava-se, para ele, de um fenômeno ativo, que não poderia ser explicado com base nas propriedades passivas da matéria (ou seja, no elenco das suas "qualidades primárias").[21]

A matéria era considerada essencialmente passiva pelos mecanicistas do século XVII, mas o fracasso destes em lidar com a especificidade dos processos ligados à vida (crescimento, reprodução, etc.) abriu caminho para uma nova imagem de natureza, materialista.[22] No século XVIII, os chamados materialistas rejeitaram tanto o deísmo quanto o teísmo, mas tiveram que atribuir à matéria propriedades ativas que, antes, eram consideradas exclusivamente tributárias do espírito.

---

propostas para explicá-los). Na nossa avaliação, as teorias científicas contemporâneas, nas diversas áreas, incluindo a biologia evolutiva, vêm consolidando tais imagens. Ver, a respeito dessa interdependência, Abrantes (1998).

[20] Laplace, trabalhando na segunda metade do séc. XVIII, simboliza essa tendência de modo exemplar. Conta-se que, por ocasião de um encontro com Napoleão, este perguntou a Laplace por que em seu livro *Mecânica Celeste* não havia qualquer menção a Deus, a que Laplace teria respondido: "Eu não necessito desta hipótese". A surpresa de Napoleão era compreensível: Newton, o cientista mais influente à época (e, talvez, de todos os tempos) fora um teísta, e Deus tinha um lugar destacado na sua imagem de natureza.

[21] Sobre o teísmo de Newton, ver Abrantes (1998, cap. 3). A explicação teísta proposta por Newton para a gravitação não seria, para ele, incompatível com o caráter nomológico desse fenômeno. Um dos temas centrais da famosa correspondência entre Leibniz e Clarke (disponível em português na Coleção *Os Pensadores*), este último um discípulo de Newton foi, justamente, o caráter dessa explicação - se envolve ou não um milagre.

[22] O termo "materialismo" veio a adquirir conotações, a partir do século XIX, que são estranhas a essa imagem de natureza do século XVIII, pressuposta por filósofos como La Mettrie, Diderot, d'Holbach, entre outros (ver Bowler, 1989; Abrantes, 2006).

Para que as explicações no domínio dos fenômenos da vida chegassem a recusar qualquer modalidade de teleologia (finalismo), teríamos que aguardar, contudo, a revolução darwinista no séc. XIX. Darwin estendeu, efetivamente, o âmbito das explicações naturalistas e mecanísticas – que, gradualmente, haviam tornado-se hegemônicas a partir da revolução científica do século XVII naquelas ciências que têm por objeto o mundo inanimado – de modo a incluir sistemas complexos e adaptativos, como os organismos vivos.

A seleção natural constitui uma explicação naturalista para as adaptações reveladas pelos seres vivos, tanto em sua estrutura anatômica e organização funcional, quanto em seu comportamento, como indica a apresentação sumária desse mecanismo que fizemos no item 1.1. Os projetos dos organismos e as funções que desempenham as suas várias partes são explicados, desse modo, sem se apelar para qualquer tipo de providencialismo – para o que Dennett (1995) chamou de *skyhooks*, que poderíamos traduzir por "ganchos presos ao céu", recursos característicos do sobrenaturalismo. Com a seleção natural, Darwin descobriu um modo de explicar a complexidade adaptativa sem pressupor a intervenção milagrosa de alguma inteligência que fizesse o papel de um projetista.

A seleção natural pode, além disso, ser entendida como uma explicação mecanística das adaptações observadas nos seres vivos.[23] As explicações teleológicas (que apelam para causas finais) – tradicionalmente propostas para os fenômenos do mundo animado – puderam, desse modo, ser rejeitadas também pela biologia.[24]

---

[23] Embora mecanística, a explicação com base na seleção natural apresenta características diferentes das explicações mecânicas típicas propostas por outras ciências naturais, como a física por exemplo (para indicar isso damos preferência ao termo "mecanístico" ao qualificarmos a explicação com base na seleção natural). Não exploraremos esse tópico, que foge ao escopo do artigo.

[24] Há uma enorme literatura em torno da permanência de uma linguagem teleológica na Biologia contemporânea, a despeito das suas inequívocas bases mecanísticas, reconhecidas amplamente tanto por biólogos quanto por filósofos da biologia. Em particular, a discussão em torno da noção de função, e o emprego de explicações funcionais em biologia é, nesse contexto, de grande relevância e atualidade, havendo alguma latitude para o que Cummins (2002) chama, não sem alguma ironia, de uma neoteleologia. Há também tentativas, como a de Mayr (1982, 48-9), de forjar conceitos como o de teleonomia para compreender propriedades *sui generis* de sistemas complexos, como os organismos e sistemas cognitivos sofisticados, em bases puramente mecanísticas e naturalistas.

As explicações propostas por Lamarck para a "evolução" dos seres vivos foram, sem dúvida, um avanço em direção ao naturalismo.[25] Mas, além de se comprometer com a idéia de uma direção na "evolução" dos seres vivos (ver nota 7) –, ele não explica como as modificações ocorridas no indivíduo, durante o seu desenvolvimento, podem vir a ser adaptativas. Apelar para uma instrução do ambiente – que indicaria, de algum modo, como o organismo deve modificar-se para se tornar mais adaptado – pode ser visto como tão insatisfatório quanto as explicações providencialistas. Além disso, Lamarck não explicou como as modificações, supostamente adaptativas, são transmitidas para a descendência.[26]

Por fim, o caráter revolucionário da explicação darwinista para a complexidade adaptativa pode também ser percebido no modo como evita cometer "petição de princípio", não assumindo justamente aquelas propriedades que se pretende explicar. Seria cometer petição de princípio, no sentido em que usamos aqui essa expressão, pressupor (de modo, em geral, implícito) um sistema com igual ou maior complexidade que o sistema a ser explicado.[27] Essa contribuição do darwinismo pode ser, mais propriamente, considerada um elemento de uma imagem de ciência, o nosso próximo tópico. Nesse sentido, o criacionismo, além de ser, evidentemente, incompatível com uma postura naturalista e mecanística, comete petição de princípio nas supostas explicações

---

[25] Lamarck manteve, contudo, que os organismos podem adaptar-se de modo perfeito ao ambiente. Além disso, acreditava numa tendência, inata a todos os seres vivos, de ascenderem na escala de complexidade e de perfeição, o que denuncia o seu comprometimento com uma imagem materialista de natureza (não confundir essa imagem com a imagem, rival, mecanicista; ver nota 22). Por tais conotações, Darwin preferiu não usar o termo "evolução" na *Origem das Espécies*, mas sim a expressão "descendência com modificação". Na verdade, o verbo *evolved* é empregado por Darwin na última frase dessa obra; a respeito do comprometimento de Darwin com a idéia de progresso, ver o interessante intercâmbio entre Lewontin (2005) e Richards (2005). A noção de evolução, como a utilizamos hoje em dia, tem o seu significado ligado ao mecanismo de seleção natural, que não admite causas finais. Seu uso por referência ao lamarckismo só pode, atualmente, ser metafórico, daí o emprego de aspas quando falamos de "evolução" neste último contexto.

[26] Darwin tampouco chegou a uma explicação aceitável para a hereditariedade.

[27] As motivações *naturalista*, *mecanicista* (ou mecanística) e de se *evitar cometer petição de princípio* nas explicações não são motivações de todo independentes, mas se relacionam de muitas maneiras, como deve ter transparecido nas discussões anteriores. É instrutivo, contudo, discutir separadamente cada uma dessas motivações. Usamos a expressão "cometer petição de princípio" na falta de outra melhor, embora não se refira propriamente, nesse contexto, a uma falácia lógica, mas a um procedimento condenável do ponto de vista dos objetivos perseguidos pela atividade científica. Um desses objetivos é, justamente, o de explicar o que é complexo em termos do que é relativamente mais simples.

que propõe para a complexidade adaptativa (para os vários projetos que encontramos na natureza).

Imagens de ciência

Na sua segunda resposta, Ruse explicita, agora, elementos de uma imagem que o juiz Overton incorporou nas características (3), (4) e (5), atribuídas à ciência. Aí, explicitam-se os fins explicativo e preditivo da atividade científica, bem como o caráter falível e revisável das teorias científicas. Ruse argúi, explicitamente, que esses elementos de uma imagem de ciência decorram dos elementos de uma imagem (mecanicista e naturalista) de natureza (que, indo além de Ruse, explicitamos no item anterior).[28]

Imagens de ciência podem incluir concepções a respeito dos métodos adequados para a construção do conhecimento científico e/ou para a validação dos produtos da atividade científica (*e.g.* teorias). Tais métodos estão, usualmente, comprometidos com certos valores cognitivos que também compõem tais imagens[29]. São valores cognitivos típicos: a adequação empírica, a simplicidade, a consistência, o poder preditivo, o poder explicativo (ou abrangência explicativa da teoria, unificando fenômenos e leis em diferentes domínios da investigação científica), o poder heurístico (ou fertilidade) etc.[30]

Muitos filósofos da ciência, no século XX, encararam o seu *métier* como sendo o de articular definições de ciência que permitissem resolver o chamado

---

[28] Sobre a interdependência entre imagens de natureza, imagens de ciência e conhecimento substantivo, ver nota 19. É importante deixar claro que a interpretação que fizemos do depoimento de Ruse, bem como as análises do item 2.1.2, adotam uma postura objetivista e realista com respeito aos objetos do conhecimento científico. Em seu trabalho mais recente, Ruse vem tentando conciliar – a nosso ver de modo problemático e equívoco- um objetivismo e realismo exemplificados por Popper, de um lado, e um subjetivismo e não-realismo exemplificados por Kuhn, de outro lado (ver Ruse, 1999; cf. Ruse, 2001, pp. 78-9, 97-9). No item 2.3 trataremos da modalidade metodológica de naturalismo, atualmente defendida por Ruse (2005). Ver também a nota 50.

[29] A dimensão ética da ciência, relativa aos valores, ou fins, não-cognitivos promovidos por essa atividade vem atraindo, de forma crescente, a atenção dos filósofos. Exemplos de valores não-cognitivos são: bem-estar social, igualdade de oportunidades, progresso social, harmonia, beleza, etc. Para um estudo de caso envolvendo o papel desempenhado (também) por valores não-cognitivos na dinâmica científica, ver Abrantes (2006).

[30] Diferentes imagens de ciência atribuem diferentes pesos a tais valores e há, claramente, uma dinâmica histórica dessas imagens.

problema da demarcação.[31] O objeto de demarcação foi apreendido de modo diverso: como a demarcação entre ciência e pseudociência; ou entre ciência e metafísica; ou ainda entre ciência e religião.[32] Não surpreende, portanto, que se tenha convidado um filósofo para testemunhar a favor da acusação no processo promovido pela ACLU, pois essa Associação se propunha, justamente, a desmascarar o caráter não-científico do criacionismo, enquanto que a teoria da evolução seria genuinamente científica.[3]. Vimos que o veredicto final do juiz Overton foi favorável à tese defendida pela ACLU: o criacionismo foi considerado uma doutrina religiosa e, portanto, não seria permitido seu ensino, enquanto tal, nas escolas públicas.

A falseabilidade, que foi invocada pelo juiz no seu veredicto (ver acima), tornou-se, a partir dos trabalhos do filósofo da ciência K. Popper, uma solução bastante aceita para o problema da demarcação, especialmente entre os cientistas. De acordo com esse filósofo, a ciência se caracteriza por seu método: uma tentativa constante de refutar nossas conjecturas (ver nota 37). Não partimos das observações para formular as nossas teorias, como pretende uma metodologia indutivista. Ao contrário, as nossas teorias são primeiramente construídas e só depois avaliadas, testadas com base nas suas conseqüências. Quando as conseqüências derivadas da teoria estão de acordo com a experiência, ela é confirmada.[34]

---

[31] De forma mais modesta, a filosofia da ciência pode ser encarada como a atividade de explicitar e articular as imagens de ciência tácitas, implícitas na atividade científica. Do mesmo modo, a metafísica pode ser vista como uma tentativa de articular as imagens de natureza implicadas pelas teorias científicas de diferentes áreas. Nessa concepção, a filosofia e a ciência, pelo menos nessas áreas, devem ser vistas como atividades interdependentes, estando em continuidade uma com a outra (a filosofia eventualmente voltando-se para questões mais abstratas). Sobre as relações entre metafísica e ciência, ver Abrantes (2004b).

[32] O problema da demarcação, a rigor, está na esteira do problema central da teoria do conhecimento (ou epistemologia) que é o de estabelecer critérios que permitam distinguir conhecimento (*epistéme*), de mera crença ou opinião (*doxa*), problema que remonta à Antiguidade.

[33] Este último ponto, na verdade, não estava em julgamento em Arkansas; não devemos esquecer que o criacionismo é que estava no banco de réus.

[34] Quanto mais confirmada uma teoria, maior a nossa confiança de que descreve corretamente a realidade. É comum defender-se que conjecturas bem confirmadas adquirem o *status* de teorias, caso contrário, mantêm-se meras hipóteses. Na verdade, pode-se dizer que teorias são estruturas complexas, compostas por um grande número de hipóteses, articuladas logicamente. Os filósofos da ciência caracterizam as teorias não somente com base no seu grau de confirmação, ou em sua confiabilidade, mas com base no caráter das sentenças que as compõem. Teorias, tipicamente, são compostas por sentenças que se referem a entidades e processos não-observáveis

Enquanto que numa perspectiva indutivista o cientista visa a verificar (literalmente: provar que são verdadeiras) suas construções teóricas, com base na evidência empírica, Popper defende que a busca da refutação, e não da verificação, é a característica metodológica distintiva da atividade científica. Esta atividade é retratada como essencialmente crítica.[35] Essa filosofia contraria uma opinião bastante difundida (e uma longa tradição) que tende a ver a marca distintiva do conhecimento científico no seu caráter infalível, verdadeiro, necessário, definitivo. Citamos, sobretudo no item 1.2, opiniões que refletem essa herança indutivista e verificacionista. No item 2.3, veremos que Darwin teve que se opor a essa herança para sustentar a cientificidade da sua teoria.

De acordo com Ruse e o juiz Overton, que seguiram as propostas metodológicas de Popper, o criacionismo estaria longe de ser considerado científico. Primeiramente, ele estaria em desacordo com todo o nosso arcabouço científico atual, requerendo o abandono de várias teorias bem estabelecidas, sem falar na rejeição das imagens de natureza implicadas por tais teorias (que explicitamos no item anterior). Em segundo lugar, o criacionismo não seria capaz de fazer previsões, e enunciaria teses cujo falseamento é impossível.

Embora as discussões deste item tenham tomado como referência a solução popperiana do problema da demarcação (já que ela foi explicitamente mencionada no processo movido pela ACLU), é importante assinalar que há diversas soluções alternativas para esse problema, mesmo entre os filósofos popperianos, que lançaram nova luz sobre o mesmo, contornando críticas que foram feitas a Popper (por Kuhn, entre outros).[36]

---

e objetivam explicar as regularidades observadas (por vezes expressas na forma de leis). De todo modo, segundo Popper, mesmo teorias bem confirmadas continuam sendo conjecturas, passíveis, portanto de uma refutação futura. Contrariando o verificacionismo, ele defende que o conhecimento científico não é *epistéme*, mas *doxa* (POPPER, 1982, p. 130, nota 12). O que, entretanto, não implica que todas as *doxai* (opiniões ou crenças), se equivalham epistemicamente. Além disso, Popper era um realista científico e considerava a verdade um ideal regulador para a prática científica. Ver item 2.2, a seguir.

[35] Se um cientista admite a hipótese de que "todos os corpos celestes têm formas circulares perfeitas" – como acreditavam os aristotélicos – mas observa posteriormente (como fez Galileu por meio da luneta) que a Lua possui inúmeras irregularidades na sua superfície, então ele deve abandonar sua hipótese. A hipótese foi refutada (ou falseada) pela experiência. Não importa quantas confirmações (ou corroborações) anteriores tenha havido dessa hipótese. Uma única instância em contrário deve levar ao seu abandono (ou à sua modificação, a ser feita segundo critérios bastante estritos, estabelecidos pela metodologia popperiana).

[36] Particularmente influente foi a metodologia proposta por Lakatos, que também se insere na tradição popperiana, embora tenha introduzido modificações que muito melhoraram, a nosso ver, a sua adequação à prática científica real, que reflete em grande medida as imagens de

Nos próximos itens veremos que, na verdade, não há consenso entre filósofos da ciência a respeito de uma solução para o problema da demarcação, ou mesmo que este seja um problema tratável. Isso não impede, contudo, que os cientistas apóiem-se em imagens de ciência para exercer a sua atividade, que pressupõe, ordinariamente, juízos a respeito da aceitabilidade de hipóteses, teorias, resultados experimentais, etc.

Ruse sob ataque dos seus pares

Voltemos aos critérios defendidos por Ruse no tribunal para credenciar qualquer teoria ou tese que se pretenda científica. Na verdade, vimos que a intenção de Ruse foi, dentro da estratégia montada pela acusação da ACLU, tentar propor uma demarcação entre ciência e religião, de modo a poder analisar a constitucionalidade do *Act 590*, à luz da Primeira Emenda da Constituição norte-americana.

Vimos que o chamado problema da demarcação foi considerado, por vários filósofos do século passado, como o problema central da filosofia da ciência. Pois bem, um importante filósofo da ciência em atividade, L. Laudan, acredita que não devemos ter esperanças de resolver satisfatoriamente o problema da demarcação, pelo simples fato de que seria um pseudoproblema filosófico, que produziu mais calor do que luz: "Se nós queremos nos colocar do lado da razão, devemos eliminar expressões como 'pseudociência' e 'não-científico' de nosso vocabulário; elas são simplesmente frases vazias que somente têm um valor emotivo para nós" (LAUDAN, 1986, p. 349).

Laudan apresenta uma retrospectiva histórica das diversas tentativas de estabelecer critérios de demarcação, remontando a Aristóteles, e mostra que nenhuma obteve consenso entre filósofos.[37] O insucesso das diversas estratégias demarcacionistas propostas pelos filósofos deve-se, segundo Laudan, ao caráter

ciência dos próprios cientistas. Não há espaço para apresentarmos essas metodologias alternativas neste trabalho, em que procuramos nos ater aos recursos filosóficos efetivamente adotados nos processos judiciais mencionados e às suas repercussões imediatas.

[37] Uma das estratégias, inaugurada por Platão e Aristóteles, tentou estabelecer critérios distintivos para o *conhecimento* produzido. A partir do séc. XIX, os filósofos tentaram uma outra estratégia: a de distinguir *métodos* científicos, daqueles não-científicos. Vimos que Popper exemplifica essa nova orientação, metodológica. No item 2.3 voltaremos a tratar dessa orientação no que se refere à pertinência de uma modalidade metodológica de naturalismo.

heterogêneo das ciências,[38] que se revela ao longo da história e no presente: "A heterogeneidade epistêmica evidente das atividades e crenças costumeiramente consideradas científicas deve alertar-nos para a provável futilidade de buscar uma versão epistêmica para um critério de demarcação" (LAUDAN, 1986, p. 348).

A posição de Laudan não deve, contudo, ser mal interpretada. Ele considera que continuam existindo problemas epistemológicos e metodológicos importantes, relativos à confiabilidade (ou fundamentação) do conhecimento e aos meios de se assegurar o progresso cognitivo. Devemos continuar tentando obter respostas para as questões colocadas tradicionalmente pela epistemologia, a respeito das credenciais empíricas e conceituais das nossas crenças. Exemplos de tais questões seriam: "Quando uma asserção é bem confirmada? Quando podemos considerar uma teoria bem testada? O que caracteriza o progresso cognitivo?", etc. (LAUDAN, 1986, p. 349).

Ele só argumenta que a distinção entre conhecimento confiável e um que não seja, não reproduz a distinção – que considera espúria – entre ciência e não-ciência:

> Qualquer que seja o modo como resolvamos a questão a respeito do conhecimento confiável, a classe de proposições abrangidas pela rubrica incluirá muito daquilo que não é considerado "científico" e excluirá muito daquilo que geralmente é considerado "científico". Isso, também, segue-se da heterogeneidade epistêmica das ciências. (LAUDAN, 1986, p. 349)

Com respeito, especificamente, ao processo de Arkansas, Laudan contesta um a um os critérios invocados pelo juiz Overton (ver acima) e emprestados de Ruse. A estratégia argumentativa de Laudan é a de mostrar que esses critérios não são, individualmente, necessários para a cientificidade (ou seja, há casos de teses ou teorias que consideramos científicas, mas que não satisfazem cada um desses critérios) e que, conjuntamente, não são suficientes (se encontrarmos uma tese ou teoria que satisfaz a todos eles, isso não garante que seja científica).

Com respeito aos critérios (3) e (5) – ver item 2 –, Laudan argumenta que certamente há correntes criacionistas que os atendem. Essas fazem, de

[38] Em outros termos, não devemos ser essencialistas em filosofia da ciência: não haveria, segundo Laudan, um conjunto de características que todas as ciências compartilham, e que definiriam sua 'essência'. Fizemos referência, na nota 19, ao essencialismo expresso pelo juiz Overton.

fato, várias previsões: de que a idade da Terra é de 6.000 a 20.000 anos; de que a crosta da Terra deve possuir características geológicas particulares, em conseqüência do dilúvio; de que há limites para a variabilidade das espécies; de que os registros fósseis dos animais e dos homens devem ser coextensivos, já que estes foram criados juntos, etc. Portanto, o criacionismo seria testável e falseável. Sendo assim, não é com base no critério popperiano de falseabilidade que teremos sucesso em desbancar o criacionismo: "A maneira correta de combater o Criacionismo é refutar as asserções empíricas que ele faz, e não fingir que ele não formula nenhuma" (LAUDAN, 1986, p. 352).

Com respeito ao critério (4), Laudan argumenta que as evidências que temos da história das ciências revelam, de forma cabal, que os cientistas são muito mais dogmáticos do que a imagem que nos passa Popper. A famosa polêmica entre Popper e Kuhn foi exatamente em torno disso.[39] Kuhn apresentou diversos estudos de caso tirados da história para mostrar que normalmente os cientistas não estão dispostos a abrir mão de certas crenças fundamentais, que compõem o que ele chamou de paradigma. "Os físicos estariam dispostos a abandonar o princípio de conservação da energia, ou o princípio de incerteza de Heisenberg?", desafia Laudan (1986). Além disso, o critério (4) tem a forma de um argumento *ad hominem*:[40] os criacionistas seriam dogmáticos. Mas o que estava em julgamento, afirma Laudan, não eram os criacionistas, mas o criacionismo como doutrina.[41]

Quanto aos critérios (1) e (2), Laudan argumenta que nem sempre os cientistas podem, ou procuram explicar um fenômeno; às vezes simplesmente afirmam a sua existência (aqui Laudan e o juiz referem-se à afirmação de vários criacionistas de que houve um dilúvio). Não há nada de não-científico em simplesmente afirmar que ocorre (ou que ocorreu) algo, sem tentar explicar

[39] Essa polêmica está registrada em Lakatos e Musgrave (1979).

[40] O argumento *ad hominem* é um tipo de raciocínio falacioso em que se ataca uma pessoa com a intenção de desqualificar o que ela está dizendo. Para se refutar um argumento é preciso atacar diretamente os seus pressupostos e a sua forma lógica, e não a pessoa que o sustenta.

[41] Convém lembrar, contra Laudan, que para Popper é a *atitude* dos cientistas de quererem refutar suas teorias (e não a de quererem verificá-las) que torna a sua *atividade* "científica". Ou seja, o atributo "científico" não se aplica diretamente às teorias (ou seja, aos produtos da atividade), mas ao modo como são confrontadas à evidência empírica. A atividade é dita "científica" se os que estão envolvidos nela dispõem-se a seguir determinadas regras metodológicas! No item 2.3 voltaremos a explorar esse tópico. Ruse, na sua réplica a Laudan, explicita exatamente esse ponto (RUSE, 1996b, p.358 et seq.), mas Laudan volta a revidar em sua tréplica, que um argumento *ad hominen* não atinge o *status* epistemológico da doutrina, no caso o criacionismo (LAUDAN,1996, p. 365).

essa ocorrência. Um dos exemplos que dá Laudan é particularmente relevante para nós: “Darwin acreditava ter estabelecido a existência da seleção natural quase meio século antes que os geneticistas fossem capazes de apresentar as leis da hereditariedade, de que dependia a seleção natural” (LAUDAN, 1986, p. 354).

Newton também não forneceu nenhuma explicação para a gravitação, pelo menos nos moldes exigidos pelos cartesianos (mecanicistas e deístas que eram). Mas, nesse caso, a observação de Laudan não nos parece convincente, pois o grande feito de Newton foi exatamente o de ter formulado a lei da gravitação, o que permitiu explicar vários fatos, como as marés, os movimentos dos planetas, etc.[42]

Laudan conclui: “A questão central não é se o Criacionismo satisfaz algumas definições, pouco exigentes e controversas, do que é científico; a questão central é se as evidências [existentes] provêem argumentos mais fortes a favor da teoria evolucionista do que a favor do Criacionismo” (LAUDAN, 1996, p. 354).

Para Laudan, a estratégia demarcacionista do juiz de Arkansas, baseada nos discursos dos especialistas foi equivocada, pois, em vez de mostrar a não-cientificidade do criacionismo, adotando os critérios explicitados, mostrou, ao contrário, que o criacionismo seria uma ciência. Em lugar disso, o juiz deveria ter mostrado que o criacionismo é testável, que foi efetivamente testado e que as teses que defende são falsas.

Laudan ataca o veredicto do juiz Overton e, indiretamente, a acusação e os especialistas convidados, como Ruse, pelo fato de tentarem ‘caracterizar’ o criacionismo como religião. Para Laudan, o que deveria ter sido mostrado é que o criacionismo é má ciência e, não, pseudociência.

Antes de fecharmos este item, queremos frisar dois pontos. Primeiramente, convém notar que Laudan não faz referências às teses propriamente metafísicas (aos elementos de uma imagem de natureza) mencionadas por Ruse, relativas ao naturalismo e ao mecanicismo (voltaremos a isso no item 2.3). Ao nosso ver, isso compromete de modo sério a sua avaliação, propriamente filosófica, do que está em jogo nesse embate. Em segundo lugar, os compromissos de Laudan com a racionalidade científica (e, portanto, com determinadas imagens de ciência) são inequívocos, tendo sido um opositor intransigente de posições relativistas, da estirpe do ‘vale tudo’ proposto por Feyerabend (1977).

[42] O caso Newton é bastante complexo e envolve temas que se ligam diretamente às discussões desse artigo, como os embates entre deístas, teístas e naturalistas nos séculos XVII e XVIII, que mencionamos brevemente no item Imagens de natureza.

A réplica de Ruse

Ruse, em sua réplica a Laudan, destaca, em primeiro lugar, um aspecto jurídico: a distinção entre boa e má ciência não teria qualquer valor no processo de Arkansas, já que a Constituição americana não proíbe o ensino de má-ciência nas escolas, mas sim o de religião.

Quanto aos pontos filosóficos discutidos por Laudan, Ruse aceita que há casos controversos e que os critérios adotados pelo juiz não permitem decidir (ele menciona, como exemplo, a psicanálise). Há vários outros casos, entretanto, que caem, de forma indiscutível, num dos campos (ciência ou não-ciência). Ruse menciona, como exemplos, as leis de Mendel e a tese cristã da transubstanciação.

No que tange ao dogmatismo dos cientistas, Ruse adota uma posição intermediária entre o extremo crítico da filosofia de Popper, e o acrítico da ciência normal kuhniana (cf. nota 28). Não se pode comparar, diz Ruse, a dinâmica que o conhecimento científico demonstra ao longo da história, com o caráter inamovível dos dogmas religiosos (e outras crenças, que são adotadas acriticamente e que nunca são submetidas ao crivo empírico).

Por outro lado, Ruse admite que nem sempre se conhecem as leis que regem os fenômenos descobertos pelos cientistas. Mas isso não é o mesmo que defender, como fazem os criacionistas, que não podemos conhecer essas leis, uma postura claramente obscurantista. Ruse cita um trecho de um livro de H. Morris, considerado o fundador do movimento da ciência criacionista: "Se o homem deseja conhecer qualquer coisa sobre a Criação (o tempo da criação, a duração da Criação, a ordem da Criação, os métodos da Criação, ou qualquer outra coisa), sua única fonte de informação verdadeira é a revelação divina" (MORRIS *apud* RUSE, 1996b, p. 359).

Um outro criacionista, Gish, explicita o não-uniformitarismo[43] dessa doutrina: "Nós não sabemos como o Criador criou, que processos Ele usou,

[43] O uniformitarismo (ou, como preferem alguns, uniformismo) pressupõe a constância das leis e a semelhança entre causas atuantes no presente e as que supostamente atuaram no passado distante. Essa imagem de natureza é pressuposta em inferências de fatos, processos e causas observados no presente para ocorrências e causas que teriam atuado no passado. O uniformitarismo articula-se com o gradualismo, que se refere ao tipo de processo evolutivo, rejeitando saltos, rupturas e catástrofes. Darwin era uniformitarista e gradualista, e a maioria dos darwinistas contemporâneos também segue essa orientação. Embora haja defensores de posições saltacionistas (como a do equilíbrio pontuado), é importante ressaltar, entretanto, que mesmo críticos de aspectos do uniformitarismo, como S.J. Gould, concordam a respeito de um núcleo fundamental de princípios darwinistas, como mostramos no item As teses darwinistas.

pois Ele usou processos que não estão operando em qualquer lugar no universo natural. (...) Através de investigações científicas nós nada podemos descobrir sobre os processos criativos usados pelo Criador" (GISH *apud* RUSE, 1996b, p. 359).

As controvérsias entre filósofos, decorrentes do episódio de Arkansas, talvez demonstre que a filosofia da ciência não tem estado, de fato, à altura do papel, que se outorgou, de tribunal da razão. À margem das polêmicas filosóficas, determinadas imagens de ciência consolidaram-se ao longo da história e constituem referência obrigatória para a prática científica contemporânea e para as próprias definições de ciência propostas pelos filósofos. Nesse sentido, Lakatos talvez tenha razão ao admitir, explicitamente, a precedência das intuições pré-analíticas dos cientistas com respeito às propostas dos filósofos: "Até hoje foram as normas científicas aplicadas instintivamente pela elite científica em casos particulares que constituíram o principal padrão de referência das leis universais do filósofo. O progresso metodológico ainda encontra-se atrasado em relação aos veredictos científicos instintivos" (LAKATOS, 1978, pp. 153-4).

Além disso, há bastante consenso entre cientistas à respeito de casos particulares de teorias consideradas exemplarmente científicas (e a teoria de Darwin certamente está incluída entre tais casos, ao lado da teoria de Newton, de Maxwell, dos resultados de Galileu, de Mendel, etc.). Tais teorias são exemplares, modelares para as imagens de ciência que norteiam a atividade científica contemporânea, servindo de base para os juízos pré-analíticos dos cientistas em sua atividade cotidiana.[44]

A crítica de Barry Gross a Laudan

Barry Gross, filósofo da Universidade de Nova Iorque, também fez críticas profundas à perspectiva de Laudan, juntando-se à Ruse: a questão constitucional a respeito da possibilidade de se ensinar ou não o criacionismo nas escolas públicas não se refere ao fato de o criacionismo ser boa ou má ciência, mas se é ou não fruto de uma concepção religiosa. Remetemos às críticas de Gross porque ele buscou se aprofundar no tratamento das questões propriamente jurídicas.

De acordo com Gross, Laudan "confundiu as características de um debate constitucional com um colóquio filosófico" (GROSS, 1983, p. 30), ao criticar

[44] Para explorar esse tipo de resolução intuicionista do impasse filosófico (que não deve ser entendido como um impasse também científico), ver Laudan (1986).

os critérios utilizados pelo juiz Overton para defender que o criacionismo não é ciência. A questão central a ser resolvida, de acordo com a perspectiva de Laudan, é empírica – devemos verificar se as evidências existentes sustentam a teoria da evolução ou o criacionismo, e não se o criacionismo satisfaz a algum critério controverso acerca do que é ou não ciência. Para Gross, esse caminho seria muito apropriado para discutir a controvérsia num colóquio filosófico, mas não em um tribunal, já que a verdade (ou, melhor dizendo, a adequação empírica) não é o valor preponderante em processos judiciais. Além disso, filósofos e cientistas podem discutir um tema indefinidamente, mas os tribunais têm que decidi-lo à luz do que as partes trouxerem ao longo do processo (GROSS, 1983, p. 32).

Gross (1983) também rejeita outra crítica de Laudan à decisão de Overton. Para Laudan, a decisão judicial teria cometido a falácia do terceiro excluído ao decidir que, dado que o criacionismo não é uma ciência, então necessariamente é uma doutrina religiosa (GROSS, 1983, p. 33). De acordo com Gross, isso não aconteceu, pois o juiz examinou profundamente os argumentos apresentados, com base nos quais concluiu que a tese criacionista é religiosa. Mais especificamente, o juiz Overton buscou nos debates legislativos prévios à aprovação do *Act 590* o fundamento de sua decisão.[45]

Além disso, a crítica de Laudan não teria analisado as três conclusões independentes a que chegou o juiz Overton: (1) que o criacionismo é uma doutrina religiosa; (2) que o criacionismo é conceitualmente confuso; e que (3) o criacionismo não é ciência. De acordo com Laudan, a decisão judicial teria concluído (1) a partir de (3), o que seria falacioso, de fato: nem tudo que não é científico é religioso. Mas, como mostra Gross, Overton foi mais cuidadoso, pois analisou evidências independentes que sustentassem a tese de que o *Act 590* tinha um único propósito: ensinar uma doutrina religiosa nas escolas públicas (GROSS, 1983, p. 34).

---

[45] Gross justifica essa afirmação: "O que o juiz Overton encontrou? (a) que Paul Ellwanger, autor do projeto de lei que se tornou o *Act 590*, admitiu a sua crença de que o criacionismo não é científico (páginas 10-11); (b) que Ellwanger orientou os criacionistas para que escondessem seus propósitos religiosos a fim de conseguir a aprovação do projeto de lei; (c) que convicções religiosas foram o único motivo do projeto de lei (página 14), que (d) o estado do Arkansas tem uma longa história de interferência religiosa nas escolas públicas (página 14); (e) que a linguagem usada no *Act 590* é religiosa (página 17); (f) que a linguagem do criacionismo e do *Act* são análogas às primeiras páginas do livro do Gênesis (páginas 17-18) e que (g) os autores criacionistas admitem esses fatos abertamente (página 19). [...] A opinião do juiz Overton estabelece tudo isso antes de mencionar as inadequações conceituais do criacionismo ou as características da ciência" (GROSS, 1983, p. 34).

De outro lado, Gross aponta que, caso a ACLU tivesse seguido a estratégia de Laudan, talvez o pleito criacionista tivesse sido vitorioso, pois mostrar que uma doutrina é falsa não é motivo para impedi-la de ser ensinada em escolas públicas. Nas palavras de Gross, "McLean foi um triunfo, não um desastre; causa de comemoração, não de lágrimas. O lado correto venceu pelas razões corretas; o padrão necessário de prova foi atingido no caso. E não há razão melhor para vencer um caso legal. É muito mais provável que um desastre aconteça quando especialistas de um campo se aventuram a aplicar padrões desapropriados em outro campo" (GROSS, 1983, p. 37).

É fato que esses diferentes "campos" não têm propriamente diferentes "padrões", nesse caso, mas diferentes urgências. Enquanto o tribunal (da razão) montado pelos filósofos pode conceder-se um tempo ilimitado numa *disputatio*, o tribunal (do direito) tem que tomar decisões de enorme impacto social e cultural, num tempo limitado.

Naturalismo: metafísico ou metodológico?

Em seus trabalhos mais recentes, Ruse continua subscrevendo aos critérios de cientificidade que explicitou em seu depoimento em Arkansas (RUSE, 2005, p. 248), embora reconheça que críticas como as de Laudan (sem citá-lo, contudo), com respeito ao famigerado problema da demarcação, são pertinentes. Ao lado disso, segue defendendo a estratégia adotada no tribunal – os tribunais da razão e do direito têm diferentes juízes e atendem a diferentes demandas.

Ruse argumenta, como antes, que os valores epistêmicos (o que chamamos, acima, de valores cognitivos) permitem estabelecer, de forma cabal, que a teoria da evolução é genuinamente científica, enquanto que a teoria da criação – mesmo em sua versão mais sofisticada, o *design* inteligente –, não é ciência digna desse nome (RUSE 2005, p. 275-81; 2006, p. 207-10). Ruse destaca os valores "poder preditor" e "poder unificador" (além, claro, do valor "adequação empírica" que é, digamos, constitutivo da atividade científica).

Whewell, filósofo da ciência do início do século XIX, muito influenciou a imagem de ciência de Darwin ao deixar claro que a consiliência (algo análogo ao poder unificador) é um dos valores cognitivos de referência para o cientista. Invocar a consiliência enquanto valor cognitivo foi a maneira como Darwin (sem usar, contudo, o termo forjado por Whewell) respondeu ao indutivismo radical, e ingênuo, dos seus críticos à época, que exigiam uma prova direta da sua teoria (não propriamente do fato da evolução, que já era bastante aceito, mas da explicação que Darwin propusera para esse fato, em termos de seleção natural; ver, por exemplo, SEDGWICK, 1996). Como o princípio de seleção

natural tem um grande poder unificador e abrangência explicativa, isso lhe conferia, na avaliação de Darwin, o caráter de uma *vera causa* (o que evidencia, inclusive, o elemento realista da sua imagem de ciência).[46] A teoria neodarwinista da evolução incorpora esses valores de forma ainda mais significativa, como sugere a frase tão citada de Dobzansky de que "nada faz sentido em biologia exceto à luz da teoria da evolução".[47]

Alguns desdobramentos atuais da controvérsia filósofica têm como foco o naturalismo (em suas diversas modalidades), o que justifica que façamos algumas considerações adicionais a esse respeito. O naturalismo, para Ruse, é uma das condições para que o poder heurístico das teorias científicas seja preservado. Entretanto, o naturalismo que ele hoje defende é de caráter metodológico e não metafísico.[48] Essa modalidade de naturalismo não se compromete com teses a respeito da existência ou não de algo (incluindo, claro, a existência ou não de um Deus criador ou de um Projetista).

Pennock (2000, p. 191) defende, de modo análogo, um naturalismo de tipo metodológico, e o considera suficiente para descartar qualquer variante de teoria criacionista. Contestando as afirmações de Phillip Johnson, um ardoroso partidário do criacionismo, Pennock (2000, p. 196) argumenta que "a ciência assume o naturalismo metodológico porque fazer de outro modo seria abandonar a sua pedra de toque evidencial empírica". Em outras passagens, ele destaca, de modo esclarecedor, os requisitos metodológicos da experimentação, que:

> [...] requer observação e o *controle* das variáveis. Nós confirmamos leis causais realizando experimentos controlados nos quais a variável independente postulada é deixada variar enquanto que todos os outros fatores são mantidos constantes de modo que possamos observar o efeito na variável dependente. Mas nós não temos qualquer controle sobre as

---

[46] Não caberia, neste artigo, percorrer a rica história da doutrina da *vera causa* e do papel que desempenhou na discussão da teoria de Darwin no século XIX. Tampouco há espaço para abordar a intrincada discussão, na filosofia contemporânea da ciência, em torno do realismo científico. Para uma contextualização deste último debate, ver Abrantes (2004a, 2004b).

[47] Sterelny e Griffiths (1999, p. 379) também citam essa frase e a interpretam não somente do modo usual – como enfatizando a importância unificadora da teoria da evolução para a Biologia contemporânea – mas como apontando para a centralidade da história, ou seja, das hipóteses filogenéticas nessa ciência.

[48] O naturalismo metodológico e o metafísico são, sem dúvida, compatíveis, mas o naturalismo metafísico faria descambar o trabalho científico para um evolucionismo que, na avaliação de Ruse, seria uma modalidade de "religião secular" (2005, p. 283; 2001, p. 85-6).

entidades ou forças sobrenaturais; logo estas não podem ser estudadas cientificamente. (PENNOCK, 2000, p. 292)

Ruse faz esse mesmo diagnóstico: todas as formas de criacionismo, inclusive o *design* inteligente, apelam, de algum modo, para intervenções externas ao nexo causal da natureza. Aceitar isso levaria a "parar a ciência" (RUSE, 2005, p. 281; 2006, p. 280), por abrir mão da sua metodologia característica.

A estratégia de evitar compromissos com uma modalidade metafísica de naturalismo – afinada, diga-se de passagem, com posições há muito defendidas por positivistas de todos os quilates[49] – pode ser conveniente, por evitar que se interprete o embate entre darwinistas e criacionistas como uma mera oposição entre diferentes metafísicas (ou entre diferentes imagens de natureza) e, portanto, entre conjuntos de pressupostos que não podem ser diretamente justificados em bases empíricas. Esta pode ser, contudo, uma estratégia inócua, pois os criacionistas tendem a rejeitar também a modalidade metodológica do naturalismo (ver PENNOCK, 2000, p. 201-3).

De toda forma, essa estratégia de se refugiar na metodologia não agrada aos realistas científicos, que pretendem tomar as teorias científicas como uma base para se construir uma imagem ampla de natureza. Além disso, nós, autores deste artigo, acreditamos que uma teoria sofisticada da racionalidade científica não deve isolar as questões de método, pois essas relacionam-se de modo complexo com questões axiológicas e com questões substantivas (factuais, teóricas e metafísicas).[50] A maneira mesma como Ruse justificou os critérios de cientificidade que propôs no processo movido pela ACLU é reveladora dessa interdependência dos vários níveis (ver início do item Pressupostos metafísicos e epistemológicos da atividade científica). Embora continue defendendo, em seu último livro, uma modalidade metodológica de naturalismo, Ruse (2006, p. 47-51) revela, em vários momentos, as suas ambigüidades (jogando água em nosso moinho). Por exemplo, logo depois de elencar, uma

---

[49] Os neopositivistas (também conhecidos como empiristas lógicos) tentaram se livrar da metafísica adotando o princípio verificacionista de significado e uma determinada concepção da estrutura das teorias científicas. Para uma discussão de como diferentes correntes filosóficas contemporâneas posicionam-se com respeito à relação da metafísica com as teorias científicas, ver Abrantes (2004b).

[50] Não há espaço para desenvolvermos um argumento em apoio a essa tese. Sugestões para se construir uma teoria da racionalidade científica em que métodos, valores e conhecimento substantivo inter-relacionam-se de modo não hierárquico podem ser encontradas em Laudan (1984). Ver também notas 19 e 28.

vez mais, os diversos valores epistêmicos, ele afirma que a “ciência boa, genuína, objetiva...” é aquela que se pauta por “regras que incorporam tais valores”. E continua, de modo um tanto surpreendente para quem rejeita uma modalidade ‘metafísica’ de naturalismo: “O trabalho que mostra essas características é sentido como refletindo o mundo fora de nós, e o trabalho que não mostra essas características é pensado ser uma mera invenção ou ficção” (RUSE, 2006, p. 208; cf. p. 290).

Para além dessas filigranas filosóficas em torno de diferentes modalidades de naturalismo, há um amplo consenso de que apelar para intervenções sobrenaturais e para fenômenos ou propriedades complexas irredutíveis tem um efeito deletério para a investigação científica, desestimulando-a ou mesmo bloqueando-a. Essa é a motivação metodológica da exigência de “não se cometer petição de princípio” nas explicações que se pretendam científicas, um elemento constitutivo da imagem contemporânea de ciência.

O DEBATE JUDICIAL NO BRASIL

O Rio de Janeiro: importando a controvérsia?

No Brasil, a controvérsia parece estar surgindo por uma via pouco ortodoxa. Ao contrário dos EUA, que não admitem o ensino religioso em escolas públicas no horário normal de ensino, a Constituição Federal brasileira expressamente determina, em seu artigo 210, §1º, o ensino religioso nas escolas públicas, nos seguintes termos: “O ensino religioso, de matrícula facultativa, constituirá disciplina dos horários normais das escolas públicas de ensino fundamental”. Assim, a Constituição deixou muitas questões semânticas em aberto: qual a abrangência da expressão “facultativa”? E qual a natureza do ensino religioso? De caráter confessional ou interconfessional? A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n° 9.394/96), em seu artigo 33, pretendeu selar as dúvidas relativas a essa questão, facultando que o ensino religioso tenha um caráter confessional – de acordo com a opção religiosa do aluno ou do seu responsável, a ser ministrado por professores credenciados pelas várias entidades religiosas –, ou interconfessional, resultante de acordo entre as diversas entidades religiosas.

Todavia, essa redação gerou muita polêmica, por permitir o ensino confessional, dogmático, de acordo com o credo do aluno ou do seu responsável. O artigo 33, menos de um ano após a redação original, foi revogado pela Lei n° 9.475/97, que deu nova redação ao dispositivo, vedando o proselitismo e estabelecendo que os sistemas de ensino deveriam regulamentar os

procedimentos para definir o conteúdo da disciplina e para a contratação de professores. A nova redação da norma estabeleceu que seria necessário que os sistemas de ensino ouvissem a entidade civil constituída pelas várias religiões, com a finalidade específica de definir os conteúdos do ensino religioso.

Essa redação, mais consensual entre os professores e os membros das diversas religiões, não encerrou a polêmica, contudo. A partir de 2000, os estados brasileiros começaram a regulamentar, no âmbito das escolas públicas estaduais, o ensino religioso. A Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro promulgou naquele ano a Lei n° 3.459, definindo o caráter do ensino religioso no âmbito das escolas públicas estaduais. A normatização pela lei fluminense, embora vedasse expressamente o proselitismo religioso, determinou que as aulas fossem ministradas em salas separadas por credo religioso (o que, na verdade, é a característica central do proselitismo religioso, na medida em que os alunos teriam que ser educados em um credo religioso específico). O aluno menor de dezesseis anos deveria freqüentar as disciplinas baseadas no credo religioso escolhido por seus pais, ao passo que os alunos cuja idade fosse superior a esta deveriam manifestar sua preferência (ressalte-se que os alunos maiores de dezesseis anos são a minoria no ensino médio). Além disso, a lei exigia o credenciamento do professor pela autoridade religiosa.

Em 2001, a Assembléia Legislativa da Bahia promulgou a Lei n° 7.945/01, em termos semelhantes aos adotados pelo Rio de Janeiro. São Paulo também promulgou a Lei n° 10.783/01 com o objetivo de regulamentar o ensino religioso, todavia com caráter interconfessional, assegurada a possibilidade de o ensino confessional ser ensinado fora da grade de disciplinas.

A lei estadual do Rio de Janeiro, todavia, tem gerado mais polêmica que a lei baiana e a paulista, embora seu conteúdo seja equivalente ao da legislação baiana. Em primeiro lugar, desde a sua promulgação tem havido uma longa disputa judicial acerca da constitucionalidade da lei. O primeiro concurso de contratação de professores para a disciplina, de 2001, foi suspenso judicialmente pelo Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro porque, em seu item 2.2.7, previa que o professor, no caso de "perder a fé e tornar-se agnóstico ou ateu", poderia submeter-se ao Decreto-Lei n° 220/75 (Estatuto dos Funcionários Públicos Civis do Poder Executivo do Estado do Rio de Janeiro), que prevê desde a pena de suspensão até a de demissão. Todavia, a decisão definitiva considerou constitucional o edital, e as provas do concurso foram realizadas em janeiro de 2004.

Em 02 de agosto de 2004, a Confederação Nacional dos Trabalhadores em Educação propôs a Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIn) n° 3268 perante o Supremo Tribunal Federal, com o objetivo de declarar inconstitucional a Lei Estadual n° 3.459/2000, do Rio de Janeiro. O parecer

do Procurador-Geral da República[51] manifestou-se pela improcedência do pedido, considerando que o texto da lei é constitucional. Além de argumentos que buscavam mostrar a inépcia da petição inicial da ADIn, o que acarretaria a improcedência do pedido, o parecer da Procuradoria Geral da República também buscou analisar o mérito da questão, com o objetivo de mostrar que a lei fluminense não viola o princípio do pluralismo cultural e religioso e do Estado laico. Considerou que, como a lei determina que a matrícula é facultativa, estão permitidas as aulas de caráter confessional.

Todavia, parece que a manifestação do Procurador Geral da República tem deixado de lado uma série de questões constitucionais relevantes. O texto da lei fluminense é problemático, quando confrontado com os princípios constitucionais que tratam da separação do Estado e da Igreja. O artigo 5, VI, assegura a inviolabilidade da liberdade de crença religiosa, e o artigo 19, I, veda ao Poder Público o estabelecimento de cultos religiosos ou igrejas, sua subvenção ou o embaraço de seu funcionamento, bem como a manutenção de relação de dependência ou aliança com os representantes de igrejas ou cultos religiosos.

Embora o artigo 210, §1º, preveja o ensino público religioso, é preciso levar em consideração os princípios constitucionais da liberdade de crença religiosa e a vedação de que a administração pública estabeleça relação com instituições religiosas. Quando a lei estadual fluminense estabeleceu o ensino confessional com professores pagos pelo estado, garantido ao aluno (ou aos seus pais, no caso de os alunos serem menores de 16 anos) o direito de escolher o credo em que será educado violou a redação do artigo 19, I, pois estabeleceu a subvenção estatal a determinadas religiões. Isso se mostra claro quando se nota que, embora a lei tenha previsto o respeito à “diversidade cultural religiosa” (artigo 1º), pelo concurso público foram contratados professores de apenas três credos: católicos (342 professores), protestantes (132) e judeus (26). Não foram contratados professores de várias religiões representativas, como o espiritismo e as religiões afro-brasileiras, como a umbanda. E mesmo que fossem contratados professores de todas as confissões religiosas majoritárias, ainda assim a lei seria inconstitucional, porque sempre haveria a possibilidade de um aluno pertencer a uma confissão religiosa sem representação no quadro docente. E ele teria tanto direito quanto qualquer outro aluno de assistir às aulas sobre sua confissão religiosa, sob pena de se violar o princípio da igualdade.

---

[51] À época, quem ocupava o cargo era Cláudio Fonteles, que já reconheceu publicamente a defesa de uma postura católica ativa; outra ação proposta por ele, com forte motivação religiosa, foi a ADIn contra a lei de biossegurança.

A controvérsia constitucional exige uma outra consideração. Como visto, o direito à liberdade de crença religiosa é razão suficiente para demonstrar a inviabilidade de se contratar professores de cada credo religioso que satisfaçam às necessidades de cada aluno. Soluções desse tipo apenas levam à exclusão de grupos minoritários. Um segundo problema surge: a liberdade de crença religiosa, aliada à separação entre Estado e Igreja (artigo 19, I), impede o ensino confessional.[52] O ensino confessional é aquele em que o professor ensina uma determinada doutrina religiosa adotando uma perspectiva dogmática. O estado não pode financiar o ensino de determinadas religiões, pois viola tanto a liberdade de crença religiosa (ao excluir determinados alunos) quanto a separação entre Estado e Igreja. Além disso, o princípio jurídico da igualdade (CF, artigo 5º, II) exige que se dê o mesmo tratamento a todas as pessoas. Ao separar os alunos por credo, a Lei n° 3459/2000 viola esse princípio, seja por criar uma situação de segregação – em que cada aluno se vê como diferente em relação aos outros em razão de sua fé – seja por criar uma situação de exclusão, já que alguns alunos não terão aula porque não há professores capacitados a ensinar sua religião (ou a de seus pais). Outros serão excluídos simplesmente porque não são adeptos de nenhum credo religioso.

Como, então, entender o caráter do ensino religioso, levando essas exigências em consideração? Ao determinar a obrigatoriedade de oferta do ensino religioso com matrícula facultativa, a Constituição reconhece a importância da religiosidade na sociedade brasileira. Reconhece que, apesar de não ter um vínculo estrito com nenhuma religião, isso não implica dizer que o Estado brasileiro é anti-religioso. Além disso, por força da garantia da liberdade de crença religiosa, reconhece, também, que a religiosidade é uma questão de foro íntimo, ou seja, cada cidadão tem o direito à autodeterminação de sua vida religiosa, de acordo com as suas próprias convicções. E é justamente isso que o ensino religioso confessional viola, pois o aluno se veria educado, numa instituição pública, para aceitar um credo específico. No caso daqueles cuja religiosidade não é contemplada em sala de aula, a situação é ainda mais drástica, porque podem sentir-se compelidos a assistir à aula de outra religião

---

[52] É importante notar que a expressão “separação entre Igreja e Estado”, embora popular, pode ser interpretada de maneira equivocada. O emprego do termo ‘Igreja’ pode levar ao entendimento de que as únicas religiões consideradas pelo princípio da separação são as institucionalizadas, que se organizam na forma de igrejas centralizadas (como o catolicismo e o judaísmo). Contudo, existem inúmeras religiões que não se organizam de forma centralizada, mas de maneira difusa, como a umbanda e o espiritismo e, nem por isso, deixam de se sujeitar à separação entre Igreja e Estado. Com essa ressalva, optamos por manter a terminologia usual.

apenas para não se sentirem excluídos. Com isso, é forçoso reconhecer que o caráter do ensino religioso não pode ser confessional-dogmático, devendo valorizar e estimular a autonomia do estudante na eventual escolha de um credo religioso. O ensino religioso interconfessional parece padecer de um vício semelhante, violando a liberdade de crença, pois distingue os religiosos dos não-religiosos a partir de um núcleo de "crenças comuns a todas as religiões" que, no mais das vezes, é apenas um núcleo de conteúdo moral. Com isso, o ensino religioso interconfessional busca estabelecer um currículo a partir de valores comuns compartilhados por 'todas' as religiões, por considerar tais valores essenciais para a formação do caráter moral dos cidadãos.[53]

As duas posições (ensino confessional a partir dos dogmas de uma religião específica e ensino religioso interconfessional a partir de valores comuns a várias religiões) têm em comum a defesa da tese de que a formação moral dos cidadãos deve ser necessariamente religiosa, ou seja, o ensino religioso teria a função instrumental de formar o caráter de cidadãos moralmente íntegros.[54] O problema dessa tese é a pressuposição de que a educação religiosa

---

[53] É o que se pode perceber, por exemplo, na seguinte passagem extraída das razões de veto ao Projeto de Lei n. 1840/2000, que pretendia estabelecer um ensino religioso de caráter confessional: "A crise de valores, no momento presente, haverá de ser superada pelo verdadeiro desafio que reproponha a introdução e a valorização do ensino religioso nas escolas da rede pública estadual, sob a perspectiva do ensino confessional e plural, respeitada a diversidade religiosa, conferindo a oportunidade de uma completa formação e integral educação dos alunos, não só pelo ensino das disciplinas formais, senão também dos pilares da ética, da moral, amor ao próximo e da solidariedade. É o caminho da coerência entre a fé e a vida, com a preparação do coração dos nossos jovens para que se tornem conscientes do seu papel de agentes responsáveis para com a cidadania e a realização do ideário de justa sociedade" (GAROTINHO MATHEUS apud GIUMBELLI, 2004, 41-2).

[54] Essa fundamentação a respeito da importância do ensino religioso para a formação de "bons cidadãos" é uma constante na história dos debates dessa temática. As discussões sobre o ensino religioso nas escolas públicas na Assembléia Constituinte de 1933/4 mostra como essa tentativa de vinculação do caráter moral dos cidadãos a uma formação religiosa é recorrente. A discussão foi polarizada entre dois grupos: a ala católica, que defendia o ensino religioso nas escolas públicas com caráter facultativo (texto próximo ao da atual Constituição); e a ala liberal, capitaneada pelo protestante Guaraci Silveira. O historiador Vasni de Almeida (2002, p. 32) assim comenta a postura de Guaraci Silveira de rejeitar a proposta do ensino religioso facultativo nas escolas públicas: "Guaraci Silveira receava o fato dessa modalidade de ensino ser regularizada em escolas dominadas por professores de crença religiosa católica, o que se traduziria num ensino católico apostólico romano de fato. Ele não se cansava de lembrar que os protestantes, em minoria no país, não teriam como atender os requisitos básicos para formar, dentro das escolas, turmas de alunos que justificassem a presença de um religioso protestante

é necessária para que alguém possa ser moral e eticamente responsável, algo profundamente ofensivo para ateus e agnósticos que, não obstante o fato de não acreditarem em nenhum dogma moral religioso, considerem-se moralmente íntegros.

Assim, parece que só resta a alternativa de um ensino religioso interconfessional de caráter histórico-cultural (e não a partir de "princípios morais comuns a todas as religiões"), que permita aos alunos conhecerem e contextualizarem as teses centrais das várias religiões existentes, possibilitando-lhes uma escolha responsável e autônoma a respeito da religião que poderão seguir. Essa perspectiva, ao não ser segregacionista, estimula o convívio entre alunos de diferentes credos, que passam a se reconhecer como cidadãos livres e iguais. Além disso, estimula o desenvolvimento de uma mentalidade reflexiva, fazendo-os capazes de refletir sobre os pressupostos religiosos que pretendem ou não aceitar (autonomia) e desenvolvendo, ao mesmo tempo, a tolerância com relação aos vários credos religiosos. Esses objetivos (estimular a formação de cidadãos autônomos e tolerantes) seriam apenas alguns dos que poderiam ser alcançados pelo ensino religioso nas escolas públicas. Mas seria possível alcançar outros objetivos publicamente defensáveis, que não violariam a liberdade religiosa dos alunos, nem tampouco a separação entre Igreja e Estado. Como, por exemplo, fazer um estudo comparado das várias religiões, uma discussão sobre o papel que desempenham na história das várias sociedades e sobre sua importância antropológica.[55]

---

para ministrar as aulas de religião. Para evitar que as religiões transformassem o Ensino Religioso em catequese, elaborou a seguinte emenda em substituição à proposta da LEC: Onde se diz: 'A religião é matéria facultativa nas escolas, etc', diga-se: 'Educação Moral e Cívica é matéria de ensino obrigatório nas escolas públicas primárias, secundárias, profissionais ou normais, de acordo com o plano e texto estabelecido pela União'. A partir dessa proposta, a polêmica se instaurou de vez na Assembléia Constituinte, com os socialistas, positivistas, maçons e parcela dos liberais defendendo-a, e os católicos capitaneados pela LEC tudo fazendo para suprimi-la. Os signatários do texto da facultatividade gritaram que 'sem religião não há moral', e que essa significava catolicismo. Insistiam, numa infinidade de pedidos de aparte, alegando que Guaraci Silveira era contra a religião e que estranhavam um pastor protestante negar os ensinamentos religiosos. Tomaz Lôbo, um positivista convicto, saiu em defesa da tese de Silveira, afirmando que a moral não era prerrogativa de católicos e defendeu a idéia de que um país moderno somente seria construído por meio de um Estado leigo e de um ensino leigo".

[55] Consultar, a esse respeito, as posições de Gould (2002b) e contrastá-las com as defendidas por Dennett (2006).

O cavalo de Tróia criacionista

À primeira vista, a Lei Estadual n° 3.459/2000, apesar de polêmica pelos motivos mencionados, não parece ter relação direta com o embate entre darwinistas e criacionistas. Todavia, um olhar mais atento sobre as circunstâncias da aprovação da lei revela o cavalo de Tróia criacionista embutido na lei que "apenas" regulamenta o acesso ao ensino religioso, "respeitada a diversidade cultural e religiosa do Rio de Janeiro" (art. 1º da Lei).

Os fatos denotam a agenda política encaminhada com a entrada em vigor da Lei n° 3.459/2000. Um ano antes disso, o então governador do Rio de Janeiro, Anthony Garotinho – que reconhecidamente tem em seu eleitorado uma parcela significativa de evangélicos – sancionou a Lei Estadual n° 3.280/99 (ainda em vigor), que determina o estudo dos livros da Bíblia na disciplina de ensino religioso. Em entrevista realizada em 10/07/2004 à revista *ComCiência*, o deputado estadual Carlos Dias, que propôs o projeto de lei, deixa clara a sua postura:

> A questão do criacionismo vai depender de como cada religião aborda essa temática. Mas também, o evolucionismo de Darwin está totalmente superado. Não há razão para se combater o criacionismo da maneira como as pessoas colocam. (...) Ninguém acredita hoje que o homem evoluiu do macaco.[56] Essa é uma tese mais do que surrealista. (...) Não existe uma prova efetiva do evolucionismo.[57]

Outros eventos noticiados em jornais mostram a influência política dos criacionistas. Logo após a realização do concurso para contratação dos professores, vários jornais fizeram referência à entrevista da então governadora do Rio de Janeiro, Rosinha Matheus, na qual declarou o seguinte: ''Não acredito na evolução das espécies. Tudo isso é teoria" (*Época*, n. 314, de 24/05/2004). A governadora, assim, mostrou total desconhecimento do caráter das teorias científicas, dos critérios metodológicos que norteiam a sua aceitação e das funções que desempenham na atividade científica, em consonância com os objetivos perseguidos pelos cientistas.

---

[56] Por razões completamente distintas, um darwinista poderia concordar com essa afirmação do deputado. A biologia evolutiva afirma, efetivamente, que o homem não descende dos macacos, mas que ambos compartilham de um ancestral comum.

[57] Em http://www.comciencia.br/200407/ entrevistas/entrevista2.htm.

Com essa declaração da governadora, a discussão tomou novos rumos, já que a comunidade científica começou a reagir à ascensão do criacionismo no Brasil, onde, segundo a revista *Época* (n° 346, 03/01/2005), 89% da população defenderia o seu ensino nas escolas. A preocupação tornou-se ainda mais concreta com as declarações de 31 dos professores contratados no Rio de Janeiro para lecionar a disciplina "ensino religioso" de que ensinariam o criacionismo em sala de aula como alternativa ao darwinismo. Jeová Ferreira, um dos professores aprovados no concurso, disse, em entrevista, o seguinte: "A decisão de ensinar o criacionismo é pacífica entre os professores. A teoria será ensinada como mais uma corrente de pensamento, não será uma imposição, ao contrário do evolucionismo, que é ensinado nas escolas como teoria científica. Os alunos têm direito de conhecer as diferentes correntes de pensamento" (*O Globo*, 09/05/2004).

Portanto, é pertinente a imagem de que os criacionistas construíram um verdadeiro cavalo de Tróia, aproveitando a brecha legal propiciada pela lei que determinou o ensino religioso confessional. A Sociedade Criacionista Brasileira, vislumbrando a oportunidade de ouro, já investe em treinamento de professores criacionistas – em novembro de 2005 foi realizado o II Seminário criacionista de capacitação de professores (ver nota 1).

Em resposta a esses movimentos, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) emitiu, em 18 de maio de 2004, nota oficial condenando o ensino do criacionismo, no que foi seguida pela Sociedade Brasileira de Genética, no dia 11 de maio de 2005. A esperança dos cientistas e dos movimentos de defesa da liberdade religiosa (como o Movimento Inter-Religioso do Rio de Janeiro – MIR, e o Centro de Referência Contra a Discriminação Religiosa), preocupados com o caráter confessional do ensino religioso que pode mitigar a tolerância religiosa e o respeito ao pluralismo, está na acima mencionada ADIn proposta pela Confederação Nacional dos Trabalhadores em Educação, que será julgada pelo Supremo Tribunal Federal.

Ocorre que, a rigor, ambos os lados – criacionistas e membros da comunidade científica – estão importando uma controvérsia que não é nossa. E que não deveria ser. Como visto, nos EUA os criacionistas buscam defender que o criacionismo satisfaz às condições de cientificidade, em virtude do fato de que as escolas públicas norte-americanas não dispõem de um espaço em que as crenças religiosas possam ser divulgadas e discutidas. Assim, os grupos religiosos daquele país buscam afirmar a cientificidade de sua teoria da criação de modo a introduzi-la nas salas de aula de ciências. No Brasil, contudo, esse espaço já existe: as aulas de ensino religioso. Que podem, inclusive, ser usadas no sentido de se investigar as bases antropológicas e históricas do fenômeno religioso contribuindo, desse modo, para estabelecer um amplo espaço de

reflexão e de tolerância frente à diversidade de credos religiosos. O que não faz sentido é que pessoas não capacitadas em biologia, e com motivações espúrias, usem esse espaço para questionar a teoria darwinista da evolução!

CONCLUSÃO

Ao julgar a constitucionalidade da lei fluminense, o Supremo Tribunal Federal enfrentará uma questão decisiva para o estabelecimento dos contornos constitucionais da separação entre Estado e Igreja no Brasil. Com efeito, a delimitação dessa fronteira nunca foi julgada pelo Supremo Tribunal Federal que se limitou a tangenciá-la, mas nunca a enfrentou diretamente.

O julgamento da constitucionalidade da Lei Estadual n° 3.459/2000 será uma importante oportunidade para o Supremo Tribunal Federal traçar parâmetros para o exercício da liberdade religiosa e para estabelecer o modo pelo qual deve dar-se a relação entre o poder público e as diversas religiões. A Constituição Federal dispõe sobre a separação entre as questões públicas e as questões religiosas, com o estabelecimento do direito à liberdade de crença (art. 5º, VI) e a proibição de que o Estado subvencione credos religiosos (art. 19, I).

Já que os criacionistas brasileiros alegam que a sua crença é "tão científica quanto o darwinismo", caberá também ao STF a formulação de um juízo jurídico sobre uma problemática epistemológica. Mostramos no item 2.1 o que está em jogo no embate entre criacionistas e darwinistas: não somente diferentes imagens de ciência (em geral não devidamente explicitadas), mas também diferentes imagens de natureza.

É certo que as distinções ciência e não-ciência, e ciência e religião, embora tenham implicações jurídicas, não são, em si mesmas, jurídicas, mas filosóficas. Elas colocam questões difíceis, que deverão ser enfrentadas pelos onze ministros do Supremo Tribunal Federal. Talvez a dura tarefa dos ministros possa ser amenizada. Os tribunais decidem questões que, para seu melhor encaminhamento, necessitam, por vezes, do depoimento de especialistas. Vimos que no caso *McLean vs. Arkansas Board of Education*, o juiz Overton ouviu especialistas em filosofia, ciência e religião para fundamentar sua decisão, o que se revelou fundamental para prestar legitimidade à decisão tomada.

É importante lembrar que, no direito brasileiro, é perfeitamente possível a participação de especialistas, na posição de *amicus curie* (Lei n° 9.868/99, art. 7º, § 2º) em sede de julgamento de ADIn. Os juízes não precisam, evidentemente, ser reféns das considerações feitas pelos especialistas, mas também não podem desconsiderá-las, sob pena de comprometerem a legitimidade da decisão final.

No caso McLean, o juiz Overton analisou tanto os depoimentos dos especialistas trazidos pelos criacionistas quanto os trazidos pela ACLU, bem como os debates legislativos que precederam à promulgação do Act 590. Os depoimentos colhidos sustentaram, em seu conjunto, a tese de que o criacionismo pressupõe uma perspectiva religiosa. O depoimento de especialistas em casos judiciais dessa natureza auxiliam os juízes a explicitarem as imagens de natureza e de ciência com que estes últimos estão comprometidos, e as imagens que são pressupostas pelas partes.

É preciso distinguir, nesse contexto, as preocupações dos filósofos, e as dos cientistas. Vimos que os filósofos da ciência divergem acerca da existência de critérios universais que permitam demarcar o conhecimento científico do conhecimento não-científico. Entretanto, os cientistas, em seu dia-a-dia, têm que tomar decisões a respeito da aceitabilidade de teorias, resultados experimentais, etc. e para isso servem-se das imagens de natureza e de ciência admitidas pela comunidade científica. Há, além disso, razoável consenso, nessa comunidade, em torno de teorias que são consideradas exemplarmente científicas, como a teoria tectônica de placas, a(s) teoria(s) da relatividade de Einstein, a teoria quântica e a própria teoria de Darwin, para citar somente algumas. Tais teorias são as referências para a imagem de ciência da comunidade – em especial para os seus valores cognitivos – e também fornecem os elementos que compõem uma imagem de natureza. O criacionismo não é admitido como teoria científica, justamente por não adequar-se às imagens de ciência e de natureza aceitas pela comunidade científica. Por conseguinte, a escolha dos conteúdos a serem ensinados nas aulas de ciências nos vários níveis de ensino, e o tratamento desses conteúdos deve refletir, em última instância, tais imagens.[58]

De modo análogo, os juízes em casos como os aqui analisados terão que tomar decisões com base em imagens de natureza e de ciência, a despeito das divergências existentes entre filósofos a respeito de um critério universal de cientificidade. Quanto mais explícitas e consistentes forem essas imagens, maior legitimidade terá a decisão dos juízes. Nesse sentido, a oitiva de especialistas pode mostrar-se especialmente importante para ajudar a

[58] Os professores de ciências ganhariam muito se a sua formação incluísse conhecimentos nas áreas de história e filosofia da ciência, que lhes permitiriam explicitar e contextualizar tais imagens.

fundamentar uma decisão judicial dessa envergadura, com dramáticas implicações para a educação brasileira.[59]

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. SP: Papirus, 1998.
ABRANTES, P. O programa de uma epistemologia evolutiva. Curitiba, *Revista de Filosofia*, v. 16, n. 18, p.11-55, jan./jun. 2004a.
ABRANTES, P. Metafísica e ciência: o caso da filosofia da mente. In: CHEDIAK, K. & VIDEIRA, A. (orgs.). *Temas de Filosofia da Natureza*. Rio de Janeiro: UERJ, 2004b.
ABRANTES, P. Models and the Dynamics of Theories. *Philosophos*, v. 9, n. 2, p. 225-270, 2004c.
ABRANTES, P. Imagens de Natureza, de Ciência, e Educação: o caso da Revolução Francesa. In: STEIN, S. e KUIAVA, E. (orgs.) *Linguagem, Ciência e Valores: sobre as representações humanas do mundo*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul (EDUCS), 2006.
ALMEIDA, V. Ensino religioso ou educação moral e cívica? A participação de Guaraci Silveira na Assembléia Nacional Constituinte de 1933/1934. Piracicaba, *Revista de educação do COGEIME*, v. 11, n. 21, p. 25-42, 2002.
BOWLER, P.J. *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: The University of California Press, 1989.
BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. *Diário Oficial da União,* 5 outubro, 1988, p. 1.
CUMMINS, R. Neo-Teleology. In: ARIEW, A.; CUMMINS, R.; PERLMAN, M. (eds.). *Functions: new essays in the philosophy of psychology and biology*. New York: Oxford University Press, 2002.
DAWKINS, R. *The selfish gene*. New York: Oxford University Press. 1976.
DAWKINS, R. *Climbing mount improbable*. NY: W.W. Norton & Company, 1996.
DENNETT, D. *Darwin's dangerous idea*. New York: Simon & Schulster, 1995.
DENNETT, D. *Breaking the Spell*. New York: Penguin, 2006.
ELDREDGE, N. *The triumph of evolution and the failure of creationism*. 2. ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2000.
FEYERABEND, P. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
GAROTINHO MATHEUS, Rosinha. Razões do veto total ao Projeto de Lei n° 1.840/2000. GIUMBELLI, E.; CARNEIRO, S. (orgs.). Ensino religioso no Estado do Rio de

[59] Agradecemos os comentários de Juliana de Orione a uma versão preliminar deste artigo, as críticas e sugestões de Fernando Gewandznajder, Louise Brandes M. Ferreira, Maria Luiza Gastal, Rosana Tidon, Charbel N. El-Hani, Ricardo Waizbort, Agnaldo Cuóco Portugal, Daniel Blanco e as sugestões de dois pareceristas anônimos. Essas pessoas não são responsáveis, contudo, pelas opiniões expressas pelos autores, nem pelo teor dos argumentos aqui desenvolvidos.

Janeiro: registros e controvérsias. *Comunicações do ISER* (Rio de Janeiro), n. 60, p. 41-2, 2004.
GOULD, S. J. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge (MA): The Belknap Press of Harvard University Press, 2002a.
GOULD, S. J. *Pilares do tempo*. Rio de Janeiro: Rocco, 2002b.
GREEN, J. C.; ROZELL, M. J.; e WILCOX, C. (orgs.). *The Christian right in American politics: marching to the millennium*. Washington D.C.: Georgetown University Press, 2003.
GRIFFITHS, P.E.; GRAY, R. D. Developmental systems and evolutionary theory. *The Journal of Philosophy*, v. 91, n. 6, p. 277-304, 1994.
GROSS, B. R. Commentary: Philosophers at the Bar- Some reasons for restraints. *Science, Technology & Human Values*, vol. 8, n. 4, p. 30-38, 1983.
HULL, D. *Science and selection*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
LAKATOS, I. Popper on demarcation and induction. The methodology of scientific research programmes. *Philosophical Papers*, v.1. Cambridge: Cambridge University Press, 1978, p. 139-167.
LAKATOS, I. ; MUSGRAVE, A. (eds.) *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
LAUDAN, L. *Science and values*. Berkeley: University of California Press, 1984.
LAUDAN, L. Intuitionist meta-methodologies. *Synthese*, v. 67, p. 115-29, 1986.
LAUDAN, L. The demise of the demarcation problem. In: RUSE, M. (ed.) *But Is It Science?* New York: Prometheus Books, 1996.
LEWONTIN, R. C. The wars over evolution. *The New York Review of Books*, v. 52, n. 16, outubro, 2005.
MAYR, E. *The growth of biological thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
MAYR, E. *One long argument*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.
MEYER, D.; EL-HANI, C. N. Evolução. In: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. (orgs.) *O que é vida? Para entender a biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.
MEYER, S. The origin of biological information and the higher taxonomic categories. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, v. 117, n. 2, p. 213-239, agosto, 2004.
PENNOCK, R. T. *Tower of Babel – the evidence against the new creationism.* Cambridge: MIT Press, 2000.
POPPER, K. Três pontos de vista sobre o conhecimento humano. In: POPPER, K. *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Editora da UnB, 1982.
POPPER, K. Darwinism as a methaphysical research program. In: RUSE, M. (ed.) *But Is It Science?* New York: Prometheus Books, 1996.
POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. 14. ed. São Paulo: Cultrix, 2002.
RICHARDS, R. J. Darwin & Progress. *The New York Review of Books*, v. 52, n. 20, dezembro 2005. Resposta ao artigo de Lewontin de 2005, com uma réplica deste.
RIO DE JANEIRO. Lei Estadual n° 3.459. 2000. 14 setembro. 2000. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 15 de setembro, 2000.

RUSE, M. (ed.) A Philosopher's Day in Court. RUSE, M. (ed.) *But Is It Science?* New York: Prometheus Books, 1996a.
RUSE, M. Pro Judice. In: RUSE, M.(ed.) *But is it science?* New York: Prometheus Books, 1996b.
RUSE, M. *Mystery of Mysteries:* is evolution a social construction? Cambridge (MA): Harvard University Press, 1999.
RUSE, M. On being a philosophical naturalist: a tribute to D. Campbell. HEYES (ed.) *Selection theory and social construction*. Albany: SUNY, 2001.
RUSE, M. *The evolution-creation struggle*. Cambridge (MA): Harvard University Press, 2005.
RUSE, M. *Darwinism and its discontents*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
SONDER, B. *Evolutionism and creationism*. New York: Grolier Publishing, 1999.
SEDGWICK, A. Objections to Mr. Darwin's Theory of the Origin of Species. In: RUSE, M. (ed.). *But Is It Science?* New York: Prometheus Books, 1996.
STERELNY, D.; GRIFFITHS, P. *Sex and Death. An introduction to philosophy of biology.* Chicago and London: The University of Chicago Press, 1999.
STOKES, T. Intelligent Design study appears. *The Scientist*, 2004. Disponível em < http://www.the-scientist.com/news/20040903/04>. Acesso: 29 set. 2005.
WILLIAMS, G. *Adaptation and Natural Selection*. Princeton (NJ): Princeton University Presss, 1996.

PROBLEMAS DEL PROGRAMA ADAPTACIONISTA Y SU INFLUENCIA EN LA TEORÍA SINTÉTICA

Vicente Dressino[*]

RESUMEN

Este trabajo analiza el llamado 'segundo periodo' de la teoría sintética que se caracteriza por un robustecimiento en el rol de la selección natural respecto de la adaptación, denominando a esta etapa 'programa adaptacionista'. Este programa puede ser caracterizado por los supuestos de optimalidad, importancia y ubicuidad de la selección natural. Nos proponemos analizar los principios explicativos de este programa y su relación con la teoría sintética. Concluimos que el programa adaptacionista, partiendo de los supuestos anteriores, resulta intesteable. Por otra parte, basándonos en los datos provenientes de evo-devo se discuten las explicaciones sobre el surgimiento de rasgos adaptativos sin intervención de la selección natural. Por último afirmamos que los problemas que presenta el programa adaptacionista socavan las explicaciones adaptativas de la teoría sintética en su versión dura, en particular en lo referente a la universalidad de la selección natural.
Palabras clave: teoría sintética; programa adaptacionista; selección natural; mecanismo evolutivo.

PROBLEMS OF THE ADAPTATIONIST PROGRAMME AND ITS INFLUENCE IN THE SYNTHETIC THEORY

In this paper we analyze the 'second period' of synthetic theory that is characterized by a hardening of the role of natural selection in relation to adaptation, this stage is known as 'adaptationist programme'. This programme can be characterized by suppositions on optimality, importance and ubiquity of natural selection. We analyze the explanatory principles of this programme and the relationship with the synthetic theory. We conclude that the adaptationist programme based on previous suppositions is not testeable. Besides, we based on evo-devo data to discuss the emergence of adaptative features without natural selection intervention. Finally, we

[*] División Antropología del Museo de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Argentina. *E-mail: vdress@netverk.com.ar*

suggest that the adaptacionist programme's problems undermine the adaptative explanations of synthetic theory in its hard version, in particular about the role of natural selection.
Key words: synthetic theory; adaptationist programme; natural selection; evolutionary mechanism.

INTRODUCCIÓN

Uno de los debates más importantes de la biología evolutiva reciente en relación con la teoría sintética, se refiere al predominio de la selección natural sobre otros factores o 'motores' de cambio evolutivo. La selección natural sería el 'mecanismo' prácticamente excluyente para dar cuenta de la evolución orgánica. Y en este escenario, el problema del adaptacionismo cobra especial importancia.

Esta preponderancia del rol de la selección natural está relacionada con un desarrollo no uniforme de la teoría sintética. En este sentido, pueden reconocerse dos períodos distintos (GOULD, 2004) En el primero las explicaciones adaptativas de la teoría sintética presentaban un carácter más amplio en las cuales el papel de la selección natural no daba cuenta de la totalidad de los fenómenos evolutivos. Un representante de esta posición sería Dobzhansky con su primera edición de *Genética y el origen de las especies*. Por otro lado, puede caracterizarse una segunda etapa en la cual las explicaciones adaptativas encuentran como factor causal excluyente a la selección natural. Así, Gould (2004) muestra el cambio que tuvieron las posiciones de Dobzhansky, Mayr y Simpson fundamentalmente a partir de la segunda guerra mundial, reconociendo un endurecimiento respecto al rol que juega la selección natural. De esta manera afirma que "Para ilustrar el enurecimiento de la Síntesis Moderna, he documentado *in extenso* su tendencia ontogénica más significativa: el énfasis cada vez más exclusivo en la adaptación como signo del poder omnipresente de la selección natural" (GOULD, 2004, p.573). A esta última etapa se la suele denominar 'programa adaptacionista' y entre sus representantes pueden mencionarse no sólo a la última edición del libro de Dobzhansky anteriormente mencionado, sino también a autores como Wilson, Dawkins y gran parte de los biólogos evolutivos modernos.

El programa adaptacionista ha sido fuertemente criticado por diversos autores (LEWONTIN, 1978; GOULD y LEWONTIN, 1979; GOULD, 2004) y algunos de sus adherentes han reconocido en parte lo adecuado de estas objeciones (MAYR, 1983; ROSE y LAUDER, 1996; RESNICK y TRAVIS, 1996; entre otros) Sin embargo, y a pesar del reconocimiento de las dificultades

del programa, estos últimos autores proponen a la selección natural como el principio explicativo más relevante para dar cuenta de la adaptación. En este sentido plantean seguir manteniendo el programa adaptacionista pero introduciendo nuevas herramientas metodológicas con el fin de poder responder a las críticas arriba mencionadas. Estaríamos así en presencia de una segunda etapa del programa adaptacionista y, por lo tanto, también de un tercer período de la teoría sintética. De allí la importancia de discutir en profundidad los problemas que se presentan en esta etapa que continúa vigente. Cabe destacar que en este trabajo se utilizarán los términos ‘programa adaptacionista’ y ‘adaptacionismo’ como sinónimos, ya que ambos refieren a la relación entre selección natural y adaptación. La confrontación entre las posturas anteriormente mencionadas –adaptacionistas y críticos de este programa- ha dejado una profunda huella que aún perdura en el pensamiento biológico. En este sentido Dennett (1995) señala que el pensamiento adaptacionista no es opcional sino que es el corazón y el alma de la biología evolutiva. Sin embargo, dado el profundo avance de la biología en los últimos años, este debate ha perdido sus características iniciales y ha dado lugar a nuevas interpretaciones sobre adaptación, selección natural y la relación entre ambas.

El objetivo de este trabajo consistirá en analizar los supuestos explicativos de la relación entre el programa adaptacionista y la teoría sintética y cómo los problemas que aparecen en el adaptacionismo influyen necesariamente en esta teoría. Y, en relación con lo anterior, cómo queda afectada la pretensión de universalidad explicativa de la selección natural para dar cuenta de los fenómenos adaptativos.

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL PROGRAMA ADAPTACIONISTA

Un aspecto importante para los objetivos del presente trabajo es determinar en qué consiste el programa adaptacionista. Entendemos por ‘programa adaptacionista’ la corriente teórica originalmente esbozada por Weissman y Wallace a fines del siglo XIX que se instauró en la comunidad de biólogos a partir de la década del ’50. Este programa afirma la importancia casi exclusiva de la selección natural por sobre otros mecanismos evolutivos para la explicación adaptativa. Así se establece una fuerte relación entre dos pilares básicos de la teoría sintética, la selección natural y la adaptación. De esta forma, los adherentes al programa adaptacionista aseveran que cualquier rasgo en un organismo existe porque la selección natural lo ha favorecido. Siguiendo con esta argumentación sostienen que la selección natural puede

explicar la existencia de características adaptativas complejas. Y, esto reviste especial importancia debido a que la teoría sintética presenta dificultades para dar cuenta del rol de la selección natural sobre todo rasgo caracterizado como 'complejo'; puesto que estos rasgos son influenciados por variables multidimensionales y que, a su vez, presentan propiedades emergentes. Además existen restricciones fisiológicas, genéticas, de desarrollo y epigenéticas que dificultan la interpretación del accionar de la selección natural sobre este tipo de rasgos. A pesar de estos problemas, autores como Dawkins (1983) afirman de manera explícita que los rasgos complejos sólo pueden explicarse por la selección natural si se busca una explicación de tipo científica y no teológica.

Orzack y Sober (1994) caracterizan al adaptacionismo enunciando tres proposiciones concernientes a un rasgo *T* de un individuo en una población:

" (U) Natural selection played some role in the evolution of *T*. (U stands for ubiquitos since we believe this proposition applies to most traits.)

(I) Natural selection was an important cause of the evolution of *T*. (I stands for important.)

(O) Natural selection is a sufficient explanation of the evolution of *T*, and *T* is locally optimal. (O stands for optimal.)" (ORZACK y SOBER, 1994, p. 362)

Con estas tres proposiciones los autores intentan, por un lado, construir hipótesis testeables para el programa adaptacionista y, por el otro, demarcar la importancia de la selección natural como agente causal de la adaptación de un rasgo. Entre otras consideraciones concluyen que la selección natural es tan poderosa para determinar los resultados evolutivos que pueden *ignorarse* las fuerzas no selectivas para entender la evolución local de la mayoría de los rasgos no moleculares. Sin embargo, los autores afirman que si las proposiciones (I) y (O) no pueden explicar el origen de un rasgo por selección natural, de todas maneras puede explicarse mediante la proposición de ubicuidad (U), es decir la selección natural seguiría siendo el mecanismo explicativo. Por otra parte, Brandon y Rausher (1996) critican especialmente la posibilidad de testear la hipótesis adaptacionista a partir de la proposición de optimalidad planteada por Orzack y Sober. Por nuestra parte, consideramos que se plantea un problema especial con la proposición de ubicuidad, ya que presenta dificultades epistemológicas y científicas. Porque, ningún conjunto de datos puede demostrar la ubicuidad, esto es, no es testeable ni falsable y por lo tanto no es una proposición científica; ya que es imposible saber si la selección natural está presente al mismo tiempo en todas partes.

Siguiendo con la misma interpretación acerca del adaptacionismo, Sober (1996) en un trabajo posterior lo define como la corriente que afirma que "la mayoría de los rasgos fenotípicos de la mayoría de las poblaciones pueden ser

explicados por un modelo en el que se describa la selección y se ignoren los procesos no selectivos" (SOBER, 1996, p.202) Más adelante veremos que, a nuestro entender, esta estrecha relación entre adaptación y selección natural conduce a interpretaciones erróneas en el campo biológico.

Por otro lado, Andrews et al. (2002) también caracterizan al adaptacionismo relacionando la adaptación con la selección natural a partir del siguiente razonamiento: 1) en concordancia con Mayr (1983) afirman que el objetivo del adaptacionismo es determinar si los rasgos son adaptaciones. 2) También al igual que Thornhill (1997) y Williams (1966) consideran que clasificar un rasgo como una adaptación es identificar su función. Finalmente, 3) reconocen que identificar la función del rasgo es determinar las presiones selectivas específicas que fueron al menos parcialmente responsables de su evolución. Esta descripción del adaptacionismo resulta una versión más moderada en cuanto al rol que juega la selección natural, ya que estos autores reconocen que las presiones selectivas son responsables *parcialmente* de la evolución del rasgo.

Hasta este momento hemos analizado los diferentes modos de caracterizar al programa adaptacionista en general. Sin embargo puede realizarse un análisis diferente donde se caracterice el modelo explicativo utilizado. En este sentido, Resnik (1989) afirma que el tema de la explicación constituye un argumento central para comprender el programa adaptacionista. Define a la explicación adaptacionista como 'una explicación que hipotetiza que un rasgo dado es una adaptación (el producto de la selección natural)'. Y, una hipótesis adaptacionista es 'una hipótesis que afirma que un rasgo dado es una adaptación.' El autor reconoce tres problemas en las explicaciones adaptacionistas. El primero es que estas explicaciones dan cuenta de la presencia de un rasgo particular en un organismo cuando, en realidad, pueden explicarse mejor utilizando la biología del desarrollo. El segundo inconveniente es que las explicaciones adaptacionistas no explican la ocurrencia de ciertos eventos, sino la presencia de rasgos o comportamientos en ciertos organismos. Finalmente, el tercero está dado por el tipo de explicación histórica que hace referencia directamente a la historia del rasgo de la población de los organismos en cuestión. Estas caracterizaciones de Resnik nos parecen que en general responden adecuadamente a los modelos explicativos empleados usualmente por los biólogos adaptacionistas. Por último, este autor caracteriza lógicamente a las explicaciones adaptacionistas siguiendo el modelo probabilístico de Hempel de la siguiente forma:

1) Un tipo de organismos O1 sobrevive y reproduce más que otro (conespecífico) tipo de organismo O2, de la población P en el ambiente E.

2) O1 tiene un rasgo T1 mientras que O2 tiene un rasgo T2 diferente.

3) T1 ha conferido un alto grado de adaptabilidad o de adaptabilidad relativa a los poseedores de T2 en E.

4) Los rasgos T1 y T2 son heredables.

5) Los rasgos heredables que confieren un alto grado de adaptabilidad relativa a sus poseedores en un ambiente dado probablemente incrementarán en frecuencia relativa.

6) De aquí que (probablemente) T1 ha sido seleccionado en E.

7) Los rasgos que han sido seleccionados son adaptaciones.

8) De aquí que (probablemente) T1 es una adaptación en E.

Resnik entre otras afirmaciones asevera que la premisa 7 constituye una definición del término ‘adaptación’. Sin embargo, nosotros disentimos en este punto por razones epistémicas y biológicas. Si el enunciado 7 se toma como ley probabilística en esta explicación no puede ser una definición, sino un enunciado con dos términos teóricos que presentan un cierto grado de causalidad o de correlación. En todo caso la definición semántica del término teórico ‘adaptación’ es lo que constituiría la definición de adaptación. Además, desde la perspectiva biológica, el enunciado 7 comete el error de suponer que la selección de un rasgo es una condición suficiente para que ese rasgo constituya una adaptación. Por otra parte, no todo rasgo seleccionado es necesariamente adaptativo como se menciona más adelante respecto al modelo de ‘selección sin adaptación’ de Gould y Lewontin.

Otro enfoque en el análisis de las explicaciones adaptacionistas fue realizado por Godfrey-Smith (2001) quien asevera que en éstas pueden diferenciarse diversos aspectos y el énfasis puesto en cada uno lleva a sostener alguna de las siguientes perspectivas adaptacionistas: la empírica, la explicativa o la metodológica. Este autor afirma que el *adaptacionismo empírico* sostiene que la selección natural es una fuerza poderosa y omnipresente; es decir, ningún otro factor evolutivo posee su grado de impacto causal. Reconoce como representantes de esta tesis a autores como Weissman, Wallace, Fisher, Wilson y Dawkins, entre otros biólogos. Nosotros consideramos que este tipo de adaptacionismo sostiene una visión muy fuerte de seleccionismo y, como veremos más adelante, existen datos que lo cuestionan. Asimismo, la teoría neutralista de Kimura (1983) que afirma que la mayor parte de la variación genética tiene lugar a nivel molecular y que no puede ser explicada mediante la selección natural, constituye un fuerte oponente a la corriente seleccionista y, por lo tanto, al adaptacionismo empírico.

La otra vertiente reconocida por Godfrey-Smith es el *adaptacionismo explicativo* que considera que el diseño de los organismos y las relaciones de aptitud entre ellos y sus ambientes son los aspectos más importantes a explicar

por la biología. Según esta clase de adaptacionismo, la selección natural es la llave y la única herramienta explicativa importante entre diferentes factores evolutivos para resolver los problemas de diseño y de las relaciones de aptitud entre organismo y ambiente. Para Godfrey-Smith, ésta es la menos comprendida de las tesis adaptacionistas debido a que combina una idea científica simple (la idea de que la selección explica la adaptación) con la idea de que el diseño aparente tiene estatus como fenómeno biológico. Según el autor, este tipo de adaptacionismo presenta dos componentes: a) el aparente diseño de los organismos y b) sus relaciones de adaptabilidad a sus ambientes. Representantes de esta corriente serían Dawkins (1986), Dennett (1995) y Brandon (1990)

Finalmente, describe al *adaptacionismo metodológico* como la corriente que sostiene que la adaptación es un 'concepto organizativo' para la investigación evolutiva. Esta clase de adaptacionismo representa una sugerencia acerca de cómo organizar la investigación de los organismos. Un representante de esta línea de pensamiento sería Ernst Mayr (1983) en su respuesta al trabajo de Gould y Lewontin (1979)

Es importante destacar que la sistematización del programa adaptacionista realizada por Godfrey-Smith no representa demarcaciones absolutas, sino que pueden existir límites difusos o solapamientos entre ellas. También pueden coexistir distintas variantes dentro de alguna de las clases mencionadas haciendo más confusa la situación. Lewens (en prensa) observa, en concordancia con la argumentación de Godfrey-Smith, que las explicaciones adaptacionistas pueden ser subdivididas en: a) adaptacionismo empírico (panseleccionismo, panfuncionalismo y gradualismo) que expresan hipótesis acerca del proceso evolutivo; b) adaptacionismo metodológico (adaptacionismo de heurística débil y adaptacionismo de heurística fuerte) que no supone una visión acerca de la evolución sino la mejor forma de investigarla; c) adaptacionismo disciplinario (equivalente al 'adaptacionismo explicativo' de Godfrey-Smith) que estudia aquellos procesos 'dignos de investigarse'; y d) adaptacionismo epistemológico que es una visión acerca de las oportunidades que tenemos de encontrar respuestas a nuestras preguntas.

Es evidente que, independientemente de los diversos modos de concebir al adaptacionismo por los diferentes autores analizados, todos comparten la visión de que la teoría sintética relaciona necesariamente la adaptación con la selección natural dando como resultado el programa adaptacionista. De esta forma puede observarse cómo se ha dado un *endurecimiento* en el rol que juega la selección natural como fuerza excluyente en la aparición de todo rasgo adaptativo, en coincidencia con lo señalado por Gould (2004)

Controversias acerca de las críticas al programa adaptacionista

La importancia excluyente de la selección natural como mecanismo explicativo de las adaptaciones condujo a Lewens (en prensa) a sostener la existencia de explicaciones panseleccionistas dentro del programa adaptacionista. Según este autor, el panseleccionismo afirma que la deriva, la mutación, la migración y las restricciones genéticas son características insignificantes en el proceso evolutivo y, por lo tanto, la selección natural es el único motor del cambio evolutivo.

A partir de lo anteriormente expuesto, queda en claro la exclusión que se ha hecho de la biología del desarrollo en las explicaciones adaptacionistas acerca de la aparición de ciertos rasgos. Y, como ya fue mencionado, las restricciones fisiológicas y del desarrollo pueden constituir elementos clave a la hora de explicar la aparición de un rasgo diluyendo así el rol de la selección natural en esa explicación.

De este modo podemos afirmar que con la publicación del trabajo de De Robertis y Sasai (1996), que dio origen a la disciplina conocida como 'evolution and development' (evo-devo), los supuestos básicos del programa adaptacionista comienzan a derrumbarse. En este artículo los autores sugieren que deben modificarse las explicaciones que indicaban un origen evolutivo independiente y soluciones evolutivas convergentes entre insectos y vertebrados respecto a la segmentación y formación de apéndices. Porque los genes que originan esos apéndices y la segmentación son comunes a ambos grupos. Por otra parte, se demostró que la separación entre artrópodos e insectos (que aconteció hace aproximadamente 400 millones de años) se debió a la alteración de la expresión del gen *Ultrabithorax* (RONSHAUGEN et al., 2002) Este trabajo pone de relieve la prescindencia de explicaciones adaptacionistas para dar cuenta de la importante pérdida del número de apéndices en insectos. Y, además, creemos que demuestra la importancia de las explicaciones provenientes de la biología del desarrollo al clarificar el origen de cada rasgo y de las relaciones entre ellos, fundamentales para comprender los procesos evolutivos.

Un ejemplo interesante de la falla de las explicaciones adaptacionistas lo constituye la evolución de las serpientes. Las hipótesis tradicionales indicaban que la pérdida de miembros se había dado por una interacción adaptación-selección natural como respuesta a un modo de vida fosorial o acuático a partir de reptiles Mosasaurios, según las dos teorías posibles. Cohn y Tickle (1999) demostraron experimentalmente que la pérdida de miembros en los ofidios se debió a un proceso en el cual se expandieron los dominios de expresión de los genes HoxC8 y HoxC6, con lo cual las hipótesis tradicionales

perdieron su fundamento. Así, la explicación de la aparición de los ofidios se basa en un proceso de desarrollo y no en el accionar de la selección natural, aunque este mecanismo haya podido actuar *a posteriori*. Es evidente que este nuevo diseño presentó características viables para el grupo, lo que permitió su permanencia a través de millones de años.

Otra dificultad para los adaptacionistas es explicar el caso de parásitos con varios hospedadores intermediarios que deben atravesar una etapa de vida libre. En este sentido, Dressino et al. (2004) señalaron que tanto la variedad hospedadores intermediarios como la de ambientes por los cuales transcurre el ciclo de vida de estas formas constituyen una limitación para la aplicación de diferentes definiciones formales de adaptación. Y, que este hecho en sí mismo presupone una restricción a la teoría sintética. En estos ejemplos, las relaciones entre adaptación y selección natural no son claras porque en realidad constituyen casos de múltiples adaptaciones con diferentes fuerzas selectivas. Desde una perspectiva metodológica, esto no puede ser abordado en forma coherente por la visión adaptacionista.

Las explicaciones adaptacionistas tuvieron un peso importante en el campo de la morfología funcional. En este sentido, durante mucho tiempo se afirmó que la longitud del cuello del radio en primates extintos y actuales se relacionaba con su rol en el movimiento del brazo durante la flexión por el músculo bíceps. Sin embargo, Reno et al. (2000) demostraron que toda variación en la longitud de cuello radial es explicable como un simple correlato del tamaño corporal total y que, por lo tanto, no hay evidencia que concluya que la selección modificó esta dimensión en respuesta a patrones locomotores diferenciales. Esto concuerda con la afirmación de Gould (1982) de que muchos rasgos arquitectónicos y de las vías de desarrollo de los organismos no se corresponden con adaptaciones sino que son subproductos o derivaciones accidentales de otros tipos de cambios.

Por otra parte, LeGrand (1997) testeó la hipótesis adaptacionista para el caso de un fenómeno celular de gran importancia para numerosos procesos orgánicos como es la apoptosis o muerte celular programada. En este proceso cada célula tendría la responsabilidad primaria de ‘decidir’ su propia muerte lo que representa un gran valor adaptativo porque subraya el autoconocimiento de cada célula en lugar de esperar el reconocimiento de otras células. El autor concluye la inviabilidad de la hipótesis adaptacionista para explicar este mecanismo por selección natural.

Por su parte, Rose y Lauder (1996) afirman que el nuevo adaptacionismo debe enfrentarse al hecho de que los componentes mayores del diseño de los organismos actuales pueden representar más una mezcla de partes ancestrales que una combinación de características surgidas *de novo* en respuesta a fuerzas

selectivas específicas. Creemos que esta afirmación es concordante con gran parte de los datos provenientes de la biología del desarrollo, que ha mostrado la participación de genes muy antiguos con funciones similares en grupos de organismos no relacionados filéticamente. Asimismo, los distintos proyectos genoma parecen indicar que la evolución ha acontecido a partir de un conjunto relativamente limitado de genes comunes a todos los organismos. Es por ello, que para muchos biólogos aún permanecen oscuras las razones por las cuales se observa tanta diversidad biológica.

Estos ejemplos muestran lo desacertado del panseleccionismo como modo excluyente de interpretar el proceso evolutivo. Otros autores como, por ejemplo, Richard Lewontin (1978) también han criticado a las explicaciones adaptacionistas por su carácter panseleccionista y por su análisis unilateral del fenómeno de la adaptación. En este trabajo Lewontin conceptualiza a la adaptación como la respuesta de un organismo a un 'problema' planteado por el ambiente, esto permite entender la interacción que se da entre los diferentes niveles de organización biológica y representa una ruptura con la visión clásica de estudiar las adaptaciones orgánicas de manera fragmentada.

Desde una perspectiva histórica pueden analizarse las críticas al adaptacionismo realizado por Lewontin (1978) y Gould y Lewontin (1979), como una respuesta a los trabajos de la sociobiología que suscitaron un gran debate en la biología de los años '70. Pero una consecuencia de este debate fue la crítica a la teoría sintética en su segunda versión por el excesivo peso que la selección natural tenía como principio explicativo de toda adaptación.

Siguiendo con una línea argumentativa similar, Gould y Lewontin en su artículo 'The spandrels of San Marcos', reconocen que existen razones de arquitectura que dan cuenta de relaciones de forma y función en una estructura determinada en los organismos sin que medien procesos adaptativos ni selectivos. Existiendo, de este modo, rasgos que son las resultantes de planes de desarrollo o *Bauplan* general y restricciones de desarrollo. Este trabajo de Gould y Lewontin fue importante en su propuesta de relacionar biología de desarrollo, a través del concepto de *bauplan,* con restricciones fisiológicas y de desarrollo como motor fundamental de la aparición de ciertos rasgos.

Estos autores también han realizado una crítica al programa adapta-cionista desde una perspectiva metodológica. En ella discuten el modo en que los adaptacionistas analizan la adaptación, señalando que los estudios realizados dentro del programa adaptacionista se desarrollan en dos pasos. El primero consiste en la atomización del organismo en 'rasgos' y esos rasgos son estructuras óptimamente diseñadas por selección natural para sus funciones. El segundo paso consiste en reconocer que un organismo no puede optimizar cada parte sin consecuencias sobre otras partes; así los organismos se interpretan

como el mejor compromiso entre demandas rivales. En estas críticas metodológicas se puede reconocer la necesidad de la aplicación de una metodología más generalista para estudiar a los organismos que tenga en cuenta la interacción entre las demandas funcionales de los distintos componentes de diversos rasgos al considerar una adaptación.

Teniendo en cuenta la anterior crítica metodológica y la necesidad de proporcionar explicaciones adaptativas distintas a las dadas por el adaptacionismo acerca de forma, función y comportamiento, Gould y Lewontin desarrollan una tipología explicativa alternativa. Así, proponen una primera alternativa en la que no acontezca 'ninguna adaptación ni selección'. Una segunda alternativa sería 'ninguna adaptación y ninguna selección sobre la parte del problema; la forma de la parte es una consecuencia correlacionada de selección dirigida en otra parte'. Esto se relaciona con la concepción integrada del organismo (LEWONTIN, 1978). La tercera posibilidad propone el desacople entre selección y adaptación, esto es, 'selección sin adaptación'. Un ejemplo hipotético de este caso sería la producción de una mutación que dobla la fecundidad de los individuos con una rápida difusión. Si no hay cambios en la eficiencia de la utilización de los recursos, los individuos no dejarán más descendencia que antes, sino simplemente el doble de huevos y el exceso morirá por la limitación de los medios de subsistencia. Gould y Lewontin se preguntan ¿en qué sentido están los individuos o la población como un todo mejor adaptados que antes? La respuesta que proponen es que si apareciese un depredador sobre los estados inmaduros, éstos serían más abundantes, el tamaño poblacional como consecuencia podría disminuir ocasionalmente y la selección natural favorecería igualmente a los individuos con mayor fecundidad.

Finalmente, la cuarta alternativa también propone un desacople entre adaptación y selección, esto es, 'adaptación sin selección'. Este caso estaría representado por los organismos marinos sedentarios que están adaptados a los regímenes de flujo de corrientes en los que viven. Estos autores aseveran que existen varios 'buenos diseños' de origen estrictamente fenotípico que son inducidos por las mismas corrientes marinas. De esta manera, patrones correlacionados climáticamente con distribuciones geográficas dentro de un taxa, pueden reflejar esta plasticidad fenotípica sin necesidad de la intervención de la selección natural. En este último punto no concordamos con el ejemplo de adaptación sin selección mencionado por Gould y Lewontin, porque no se está haciendo referencia a las adaptaciones en el sentido filogenético sino a adaptaciones fisiológicas en sentido amplio. Y, los adaptacionistas dejan de lado las adaptaciones de este tipo. Es decir, no se puede hablar de adaptación en sentido fuerte (DRESSINO, 2000) ya que el carácter adaptativo no ha sido seleccionado en un linaje determinado. Este ejemplo constituiría un caso de

adaptación en sentido débil dentro de la cual se encuentran las adaptaciones fisiológicas (Dressino, 2005). Siguiendo con esta misma crítica y retomando la caracterización lógica de la explicación adaptacionista realizada por Resnick, puede observarse que este último ejemplo de Gould y Lewontin no cumple con el requisito de heredabilidad (véase enunciado 4 de Resnick)

Un adaptacionista de la importancia de Mayr (1983) reconoce que las críticas de Gould y Lewontin son correctas para los biólogos adaptacionistas pero no para el adaptacionismo como programa. Es decir, que hay que distinguir las fallas del programa como tal respecto del abordaje reduccionista o atomístico de su implementación. En este sentido, señala que la selección natural no "produce" genotipos perfectos, sino que aquellos genotipos mejor dotados se mantienen a pesar de las restricciones que actúan sobre ellos. Y, estas restricciones fueron ignoradas al interpretar cada carácter como una adaptación *ad hoc*. Sin embargo el reconocimiento de Mayr a las críticas realizadas por Gould y Lewontin es parcial dado que no está dispuesto a discutir el rol de la selección natural sino sólo el abordaje metodológico del programa.

Por otro lado, Mayr concuerda con Gould y Lewontin sobre el origen adaptativo de algunos caracteres, por ejemplo, las hendiduras branquiales de los embriones de mamíferos que representan adaptaciones de ancestros remotos. Estas, si bien no cumplen con sus funciones originales, no son eliminadas porque forman parte de un sistema integral de desarrollo. En este sentido, la mayoría de los órganos vestigiales podrían ser considerados dentro de este grupo. Y, por lo tanto, no tiene sentido la fragmentación de un organismo en pequeños rasgos para estudiar adaptaciones *ad hoc* en cada uno de ellos.

Mayr condiciona la legitimidad de las críticas de Gould y Lewontin al programa adaptacionista si: a- se aplicara el reduccionismo extremo en el programa adaptacionista, esto es, la división del organismo en rasgos y argumentar una historia adaptativa para cada uno de ellos; y b- si se considerara a la selección natural como un mecanismo capaz de producir perfección.

Además de los problemas metodológicos hasta ahora discutidos, el adaptacionismo también presenta problemas de índole epistemológica; porque gran parte de sus explicaciones parecerían no cumplir con el requisito de contrastabilidad ya que no se enuncian las condiciones específicas para el surgimiento del rasgo. Esto es, se elige un rasgo y se desarrolla una historia acerca de la evolución de ese rasgo en los ancestros de un linaje; y esta narrativa constituye una *explicación*. Así, por ejemplo, cuando se estudia la estructura del miembro anterior de los tetrápodos, las explicaciones adaptacionistas clásicas afirmaban que constituía una adaptación para soportar la fuerza de gravedad y permitir el desplazamiento en tierra firme. Sin embargo, como señala correctamente Lauder (1996), la estructura básica del miembro anterior

de los tetrápodos surge antes de la colonización de tierra firme, por lo tanto, no puede aceptarse la explicación anterior.

En esta misma línea argumental, Sober (1996) afirma que tanto los críticos como los defensores del programa adaptacionista reconocen dificultades para contrastar la hipótesis adaptacionista. De este modo, asevera que los adaptacionistas no intentan corroborarla sino que la presuponen y, a partir de ella, estructuran la explicación. Un claro ejemplo de este tipo de argumentación está presente en Dawkins (1983) que defiende la concepción de que el adaptacionismo es la explicación *a priori* que todo biólogo debe sostener cuando examina por primera vez a un sistema vivo. Y asevera que antes de descubrir los modelos selectivos apropiados es posible confiar que la selección natural es el tipo de explicación adecuado que se busca.

Por otro lado, Rose y Lauder (1996) sostienen que se presenta una dificultad adicional por el hecho de que la selección no opera en todos los niveles con la misma dirección ni magnitud. Además afirman que las adaptaciones están incluidas en oscuros complejos de restricciones fisiológicas que pueden hacer que el accionar de la selección natural sea particularmente oscuro.

A partir de todos estos cuestionamientos podemos afirmar que existen diversos niveles de crítica al programa adaptacionista. Por un lado, el reconocimiento de que no hay un intento por parte de los adaptacionistas de poner a prueba la hipótesis; es decir, se asume que un rasgo es una adaptación y posteriormente se intenta explicarlo. Por otra parte, que aun si se quisiera poner a prueba la hipótesis sería dificultosa su contrastabilidad, puesto que hay restricciones de desarrollo y/o fisiológicas que distorsionan el accionar de la selección natural.

Retomando la descripción de Gould (2004) acerca de que la teoría sintética ha pasado por dos periodos, queda claro que el último se corresponde con un endurecimiento de la teoría respecto al rol de la selección natural como principio explicativo exclusivo de las adaptaciones. En este sentido, el programa adaptacionista representa este periodo y, por lo tanto, las críticas planteadas repercuten directamente en la capacidad explicativa de la teoría sintética en lo referente a las adaptaciones.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que el programa adaptacionista desde la perspectiva teórica constituye un complejo explicativo, dentro del cual las distintas estrategias argumentativas pueden o no vincularse o integrarse entre sí. Esta

característica metodológica presenta ya un inconveniente frente a la testeabilidad de las hipótesis, ya que ésta variará en función de la metodología empleada. Por lo tanto, las explicaciones para dar cuenta de la adaptación de un determinado rasgo pueden ser muy diferentes entre sí y hasta cierto punto incompatibles.

Hemos observado a lo largo de este trabajo que las objeciones al programa adaptacionista son fuertes. También hemos reconocido que muchos autores pertenecientes a este programa han sido concientes de los problemas que presentaba y algunos lo han abandonado. Esto llevó a que numerosos adherentes no se reconozcan como tales aunque sus trabajos demuestren una clara pertenencia a esta corriente. A pesar de la crisis respecto del adaptacionismo, la problemática adaptativa no perdió su importancia dentro del pensamiento evolutivo. Por eso Gould (2004) sugirió que si el adaptacionismo no puede desarrollarse en forma simple y empírica, debería analizarse como tema histórico y sociológico. Este autor concluye que la visión adaptacionista no es adaptativa para la meta de comprender correctamente la evolución. Esta aseveración reconoce explícitamente la posible intervención de intereses externos al desarrollo científico en la construcción y mantenimiento del programa adaptacionista.

Consideramos que puede aceptarse la posibilidad de que ciertas adaptaciones hayan persistido dentro de un linaje por acción de la selección natural. Pero como fue mencionado en el caso de los ofidios y de los tetrápodos, existen características que son el resultado de complejas relaciones sinérgicas entre fuerzas de desarrollo y restricciones que a su vez operan sobre ellas y que erróneamente se conceptualizan como adaptaciones. Por otra parte, los mecanismos de los procesos epigenéticos, la transferencia horizontal de genes, las restricciones, las mutaciones dirigidas y el 'efecto materno', constituyen procesos de gran importancia a nivel adaptativo sin vínculo necesario con la selección natural.

Por último, la aplicación del programa adaptacionista ha generado numerosas explicaciones equívocas sobre el origen de las adaptaciones biológicas. Así, muchas características que fueron consideradas adaptativas, hoy están siendo reconsideradas. Por lo tanto, aunque no podemos afirmar que en la actualidad haya adherentes al programa adaptacionista en sentido estricto, estas críticas le caben también a quienes siguen vinculando necesariamente la adaptación con la selección natural; porque esta posición no se corresponde con los conocimientos de la biología actual.

Concluimos, que la crítica realizada al programa adaptacionista afecta a la teoría sintética. Y, por tanto, deben revisarse algunas de sus explicaciones y mecanismos explicativos en lo referente al origen de las adaptaciones para

determinar si pueden seguir manteniéndose como principios explicativos generales o sólo como principios restringidos para ciertos fenómenos. De todas maneras la universalidad de la selección natural como mecanismo explicativo de las adaptaciones no es defendible.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, P. W.; Gangestad S.W.;Matthews, D. Adaptationism – how to carry out an exaptationist program. *Behavioral and Brain Sciences*, **25**: 489–553, 2002.

BRANDON, R.N. *Adaptation and environment*. Princeton University Press, New Jersey, 1990.

BRANDON, R.N.; Rausher, M.D. Testing adaptationism: A comment on Orzack and Sober. *American Naturalist*, **148** (1): 189-201, 1996.

COHN, M.J.; Tickle, C. Developmental basis of limblessness and axial patterning in snakes. *Nature*, **399**: 474-479, 1999.

DAWKINS, R. Universal darwinism. En: Bendall, D.S (ed) *Evolution to molecules to man*. Cambridge University Press, Cambridge, 1983.

DAWKINS, R. *The Blind Watchmaker*. Norton, New York, 1986.

DE ROBERTIS, E.M.; Sasai, Y. A common plan for dorsoventral patterning in bilateria. *Nature*, **380**: 37-40, 1996.

DENNETT, D. C. *Darwin's Dangerous Idea*. Simon and Schuster, New York, 1995.

DOBZHANSKY, T. *Genetics and Origin of Species*. Columbia University Press, New York, 1937 (primera edición)

DOBZHANSKY, T. *Genetics and Origin of Species*. Columbia University Press, New York, 1941 (segunda edición)

DRESSINO, V. Reflexiones en torno al concepto de adaptación biológica. En: G.M. Denegri y G.E. Martínez (eds.) *Tópicos Actuales en Filosofía de la Ciencia*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 2000.

DRESSINO, V. Theoretical and semantic aspects of the modular physiological adaptation. *Rivista di Biologia/ Biology Forum*, **98**:265-278, 2005.

DRESSINO, V.; Denegri, G.M.; Lamas S.G. Alcances y limitaciones de la definición de adaptación aplicada al fenómeno del parasitismo: una propuesta teórica. *Episteme*, Porto Alegre, **19**: 69-80, 2004.

GODFREY-SMITH, P. Three Kinds of Adaptationism. In S. H. Orzack and E. Sober (eds.), *Adaptationism and Optimality*. Cambridge University Press, 2001.

GOULD, S.J. Darwinism and the expansion of the evolutionary theory. *Science*, 216: 380-387, 1982.

GOULD, S.J. *La estructura de la teoría de la evolución*. Tusquets. Barcelona, 2004.

GOULD, S.J.; Lewontin R.C. The spandrels of San Marcos the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London* B **205**: 581–598, 1979.

KIMURA, M. *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge UK, 1983.
LAUDER, G.V. The argument from design. In: *Adaptation* (M.R. Rose & G.V. Lauder, eds.) San Diego, Academic Press, 1996.
LEGRAND, E.K. An adaptationist view of apoptosis. *Q Rev Biol*, **72**: 135-147, 1997.
LEWENS, T.M. Seven Types of Adaptationism. In D.M. Walsh (ed.) Twenty-Five Years of Spandrels. Oxford: Oxford University Press (en prensa)
LEWONTIN, R.C. Adaptation. *Scientific American*, 239: 156-169, 1978.
MAYR, E. How to Carry out the Adaptationist Program? *American Naturalist*, **121**: 324-333, 1983.
ORZACK, S.H.; Sober, E. Optimality models and the test of adaptationism. *American Naturalist*, **143** (3): 361-380, 1994.
RENO, P.L.; McCollum, M.A.; Lovejoy, C.O.; Meindl, R.S. Adaptationism and the anthropoid postcranium: selection does not govern the length of the radial neck. *J Morphol*, Nov **246**: 59-67, 2000.
RESNIK, D.B. Adaptationist explanations. *Stud. Hist. Phil. Sci.*, **20**: 193-213, 1989.
RESNICK, D.; Travis, J. The empirical study of adaptation in natural populations. In: *Adaptation* (M.R. Rose & G.V. Lauder, eds.), San Diego, Academic Press, 1996.
RONSHAUGEN, M.; McGinnis, N.; McGinnis, W. Hox protein mutation and macroevolution of the insect body plan. *Nature*, **415**: 914-917, 2002.
ROSE, M.R.; Lauder, G.V. Post-Spandrels adaptationism. En: M.R.Rose and G.V. Lauder (eds) *Adaptation*. San Diego, Academic Press, USA, 1996.
Sober, E. *Filosofía de la biología*. Alianza Editorial, Madrid, 1996.
THORNHILL, R. The concept of an evolved adaptation. En: Bock, G.R y Cardew, G.(eds.) *Characterizing human psychological adaptations*. Wiley, New York, 1997.
WILLIAMS, G.C. *Adaptation and natural selection*. Princeton University Press, New Jersey, 1966.

O HOMEM E A CIÊNCIA: O CASO HISTÓRICO DE IGNÁC SEMMELWEIS

Brena Paula Agno Fernandez[*]

NULAND, Sherwin B. *A peste dos médicos. Germes, febre pós-parto, e a estranha história de Ignác Semmelweis*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 168 p. (Coleção Grandes Descobertas). [Tradução de Ivo Korytowski]. ISBN: 85-359-0646-0

A peste dos médicos é uma obra incomum. Um leitor menos atento, a julgar apenas pelo primeiro capítulo (um caso clínico, narrado em tom ficcional), poderia pensar tratar-se de um romance histórico. Vencidas as primeiras páginas, no entanto, esta impressão inicial seria desfeita, e ele imaginaria então ter diante de si a biografia de um conturbado médico do século XIX. Nem uma coisa, nem outra. Na realidade, Sherwin Nuland lança mão do conhecido caso histórico do obstetra húngaro Ignác Semmelweis (1818-1865) para apresentar, comentar e analisar um dos episódios mais instigantes (e intrigantes) da história da medicina e, em última instância, da história e da filosofia da ciência, como um todo.[1]

A pergunta-chave, que norteia todo o desenvolvimento do texto, e que norteou também a enigmática trajetória de Semmelweis, é a mesma que perturbava médicos desde tempos imemoriais: "Qual é a causa da febre puerperal (ou febre pós-parto)?" Descrições detalhadas dos sintomas da misteriosa doença já haviam sido feitas há 2.200 anos pelos médicos hipocráticos. Em que pese esse fato, os casos de febre pós-parto eram até então raros e aleatoriamente distribuídos. Apenas em meados do século XIX a doença veio a adquirir caráter epidêmico, originando surtos que se localizavam preferencialmente em hospitais (maternidades) tanto da Europa, quanto da América.

[*] Doutora em Ciências Humanas pela UFSC. Pós-Doutoranda no Departamento Filosofia da Educação e Ciência da Educação da Universidade de São Paulo, bolsista do CNPq. *E-mail:*brena@fernandez.com.br

[1] A esse respeito, ver, por exemplo, a exposição de Hempel, no segundo capítulo de sua obra *Filosofia da Ciência Natural* (1966), onde o trabalho de Semmelweis é tomado como um caso exemplar no processo de invenção e verificação de hipóteses científicas.

As cifras eram realmente preocupantes: no primeiro serviço – o mais afetado – da maternidade do *Allgemeines Krankenhaus* (Hospital Geral de Viena), por exemplo, as mortes chegaram perto dos 17 por cento do total das mulheres que deram à luz, no ano de 1847. Porém, dependendo do local e da época do ano, esse percentual podia elevar-se a assustadores 30 por cento.

Em uma época em que as bactérias não eram conhecidas (e, portanto, tampouco o papel desempenhado pelos microorganismos nas infecções), a prática médica corrente não incluía nenhuma forma de assepsia. Os obstetras e estudantes dissecavam os cadáveres das mulheres mortas por febre puerperal, e em seguida partiam para os exames íntimos das parturientes que davam entrada na maternidade, quase sempre após lavarem as mãos apenas rapidamente, com água.

Semmelweis, tendo se debruçado vários meses sobre a questão, e testado todas as hipóteses então em voga, conclui que eram os próprios médicos os veículos através dos quais o material infeccioso estava sendo propagado. Ele então submete sua hipótese a um teste, fazendo com que seu grupo (depois de feitas as autópsias) lavasse cuidadosamente as mãos e as desinfetasse com uma solução de hipoclorito de cálcio. A resposta não tardou, e nos meses subseqüentes, entre as mulheres sob sua responsabilidade, as mortes foram drasticamente reduzidas.

A tese de Semmelweis caiu como uma bomba sobre a comunidade científica. Em primeiro lugar, por romper com as duas teorias que, à época, concorriam pela explicação da doença: a teoria dos miasmas e a teoria do contágio. E depois, pelo fato de que a sugestão de serem os próprios médicos os responsáveis por centenas e centenas de mortes soava, na orgulhosa Viena de meados do século XIX, como uma heresia (agravada pela origem de seu proponente – um húngaro). Sua situação tornou-se pouco a pouco insustentável no Hospital Geral, e Semmelweis foi obrigado a voltar para Budapeste. Seu drama pessoal desenrola-se num crescendo, até culminar com um desfecho digno de Sófocles: ao longo dos quinze anos em que trabalhou na Hungria, Semmelweis passou a demonstrar sinais cada vez mais evidentes de desequilíbrio mental, foi finalmente internado num manicômio, e morreu duas semanas depois, supostamente vítima fatal de uma infecção com características idênticas às da febre puerperal (versão que Nuland não endossa).

Semmelweis chegou muito perto da elaboração da teoria dos germes e, com isso, de se tornar um “revolucionário” *a la* Kuhn. Sua personalidade apresentava pelo menos dois ingredientes fundamentais para tanto: em primeiro lugar, um toque de genialidade – a sofisticação intelectual necessária para interpretar corretamente uma profusão de observações e dados (que, em princípio, não apresentavam nenhuma conexão óbvia entre si) e reuni-los num

todo coerente, avançando uma hipótese inovadora e ousada. E depois, um (não menor) toque de coragem, necessário para romper com tudo aquilo que era sustentado pelo *establishment* e enfrentar as conseqüências decorrentes: a resistência da comunidade científica, o processo de exclusão a que foi submetido[2] e, em seu caso específico, dada a natureza acusatória de sua tese, a verdadeira ira que se instaurou contra ele.

Todavia, o médico húngaro não conseguiu *chegar lá*. A "revolução" só viria quatro décadas mais tarde – em fins do século XIX – através das figuras de Pasteur, Lister e Koch. Por quê?

Nuland aponta três erros metodológicos graves, cometidos por Semmelweis, que talvez lancem luz sobre o ponto final trágico de sua carreira, e de sua vida. Primeiramente, tendo descoberto a causa da febre puerperal e concebido um meio eficaz para a sua prevenção, seria de se esperar que Semmelweis realizasse experimentos controlados, a fim de comprovar, no laboratório, aquilo que constatara em sua prática clínica. Experiências simples, porém bem conduzidas, utilizando alguns grupos de coelhos, por exemplo, teriam sido suficientes (cf. NULAND, *op. cit*., p. 99-103). Entretanto, tal não ocorreu.

Logo em seguida, seria natural que ele partisse para a literatura especializada, expondo pormenorizadamente sua teoria (e seus experimentos) nas páginas de alguma revista médica, o que tampouco foi feito. Ao invés disso, somente após uma enorme resistência a colocar sua teoria no papel, Semmelweis escreve uma obra "complexa" – *A etiologia, o conceito e a profilaxia da febre puerperal*. O resultado, nas palavras de Nuland (idem, p. 135), "são 543 páginas de um livro que é verborrágico, repetitivo, intimidante, acusatório, autoglorificante, às vezes confuso, tedioso, detalhado a ponto de se tornar árido – em suma, praticamente ilegível".

Nuland tem razão em sua crítica: ao assumir tal postura, Semmelweis desconsidera solenemente dois procedimentos fundamentais, indissociáveis da *prática científica rigorosa*: como ponto de partida, a ciência exige demonstrações (de caráter teórico) e experimentações (de caráter prático) e essas duas atividades necessitam estar interligadas. E depois, qualquer alegação de natureza científica precisa ser "publicada", isto é, "tornada pública", já que, somente através da publicação tornar-se-á passível de controle por parte dos pares e será discutida, enquanto que as experimentações serão eventualmente repetidas e submetidas a críticas e contestações (cf. ROSSI, 1997, p. 13-14).

[2] Sobre a inevitabilidade de tal processo nos períodos revolucionários da ciência, ver Kuhn (1962, Cap. 11).

Por fim, porém não menos grave, Semmelweis não fez uso de uma ferramenta poderosa, e em franca expansão: o microscópio. Com relação a este terceiro ponto, cabe aqui um parênteses: é necessário lembrar que, até o século XVIII, quando do advento da revolução industrial, não era incomum que as realizações tecnológicas prescindissem de seus embasamentos teóricos, ou mesmo os precedessem. A máquina a vapor, por exemplo, foi desenvolvida por James Watt em 1769, ao passo que as leis da termodinâmica, que a explicam, só foram estabelecidas por Carnot, Clausius, Maxwell e outros quase um século depois. O movimento contrário também se verificava: o desenvolvimento teórico ocorrendo de forma relativamente independente do desenvolvimento técnico.

Entretanto, a partir do século XIX, esse cenário se modifica: a prática científica (teórica) passa a demandar inovações e aperfeiçoamentos tecnológicos constantes, como condição mesma de sua possibilidade de refutar ou aceitar teorias. Para que se realizassem progressos teóricos, portanto, tornou-se necessário que houvesse uma articulação profunda entre o estado das teorias, por um lado, e o estado das tecnologias de experimentação, de observação e de medição, por outro (cf. LADRIÈRE, 1977, p. 55). No caso específico de Semmelweis, o problema não era a carência dos meios técnicos necessários para a confrontação de sua teoria com os dados empíricos, pois a tecnologia do microscópio, como chama a atenção Nuland (idem, p. 156), já estava disponível. De fato:

> Tivesse Ignác Semmelweis uma única vez pedido ao microscopista Joseph Hyrtl que examinasse uma gota de pus de uma das mães mortas, teria encontrado enxames dos mesmos tipos de organismos que Lister mais tarde descobriu nas feridas infectadas. As partículas orgânicas invisíveis demonstrariam ser bactérias.

Se fosse este o caso, no momento mesmo em que, no plano teórico, era oferecida a explicação do contágio via material orgânico putrefato, a observação viria a fornecer as evidências que podiam ser consideradas como suporte empírico à sua hipótese.

De modo sucinto e para finalizar, podemos dizer que, ao chamar a atenção para essas três falhas, o autor tenta mostrar que a conformidade com os padrões metodológicos correntes é indispensável para se obter o reconhecimento social (pelos pares) das contribuições científicas, e que isso vale também para aqueles que se propõem a romper com a tradição. Entretanto, este foi um caminho que Semmelweis, por uma série de motivos, não quis (ou não pôde) percorrer.

Sherwin B. Nuland é médico, professor de clínica cirúrgica, bioética e história da medicina na Universidade de Yale, nos Estados Unidos. É autor de diversos outros livros publicados no Brasil, dentre eles *Como morremos*, vencedor do National Book Award. Em *A peste dos médicos*, Nuland brinda uma vez mais o leitor – tanto o especialista em história da ciência, quanto o público leigo interessado na história das idéias – ao destrinchar um capítulo realmente fascinante da história da medicina. Não obstante, talvez o maior mérito deste texto seja o de fazer pensar sobre os caminhos, por vezes tortuosos, de um empreendimento tão tipicamente humano (com suas glórias coletivas e tragédias privadas, ou vice-versa) como o é a ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

HEMPEL, C. G. *Filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro: Zahar, 1981 [1966].

KUHN, T. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970 [1962].

LADRIÈRE, J. *Os desafios da racionalidade. O desafio da ciência e da tecnologia às culturas*. Petrópolis: Vozes, 1979 [1977].

ROSSI, P. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. São Paulo: EDUSC, 2001 [1997].

NORMAS GERAIS DE PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS

1. ENCAMINHAMENTO — O autor encaminha seu texto em três vias à direção da Revista, mencionando, em carta, o título completo de seu trabalho, seu nome e sua posição na instituição em que trabalha, bem como os endereços e telefones para contato. Os trabalhos são aceitos para apreciação, supondo-se que sejam trabalhos inéditos e não encaminhados a outros periódicos.
2. APRESENTAÇÃO E EXTENSÃO — Os trabalhos devem ser digitados em folhas de papel de tamanho A4 (210x297mm) ou em folhas de formulário contínuo (220x280mm), numa única face e em espaço duplo. Os artigos devem ter no máximo 10.000 palavras e as resenhas, no máximo, 5 páginas.
3. TÍTULOS, RESUMO E PALAVRAS-CHAVE — EPISTEME recebe artigos em língua portuguesa, espanhola e, excepcionalmente, em língua inglesa. Os títulos dos artigos devem ser em português ou espanhol, conforme o caso, e também em inglês. Devem ser concisos e especificar claramente o assunto tratado no artigo. Cada artigo deve apresentar um resumo de 100/150 palavras em português ou espanhol, e em inglês. O autor deve indicar até cinco palavras-chave *(key words)*, em ambas as línguas, que permitam a adequada indexação do artigo.
4. DISQUETES E FORMATAÇÃO DO TEXTO — É necessário que as cópias de trabalhos em disquetes sejam acompanhadas de cópias impressas em papel. Solicita-se um uso moderado dos recursos de processamento de texto encontrados nos processadores eletrônicos de texto. Utilizar apenas a cor preta para todo o texto. As fontes utilizadas devem ser apenas a *Times*, *Arial* ou *Helvética,* em tamanho máximo 12 para o texto e 10 para as notas. Para os destaques, podem ser utilizados o negrito ou itálico. Evite indentações, tabulações e espaços; evite hifenizações manuais. A razão é que os textos serão padronizados em um único processador e, dadas as peculiaridades de cada processador, eventualmente não é possível recuperar um texto formatado em excesso. Indique no disquete o nome do arquivo, o processador utilizado e sua versão (se o seu processador possui recurso de contar palavras, use-o e indique estes dados).
5. CITAÇÕES E REFERÊNCIAS — As citações literais curtas (menos de 3 linhas) serão integradas no parágrafo, colocadas entre aspas e seguidas pelo sobrenome do autor referido no texto, ano de publicação e página(s) do texto citado, tudo entre parênteses e separado por vírgulas. Quando o nome do autor citado integra a frase, só o ano e o número da(s) página(s) serão colocados entre parênteses. As citações de mais de três linhas serão destacadas no texto em parágrafo especial e "indentadas" (quatro espaços à direita da margem esquerda). As referências sem citação literal devem ser incorporadas no texto, entre parênteses, indicando o sobrenome do autor e o ano da publicação.
6. ILUSTRAÇÕES, FIGURAS E TABELAS — As ilustrações, figuras e tabelas devem ser numeradas com algarismos arábicos na ordem em que serão inseridas no texto e apresentadas em folhas separadas no final do artigo. O texto indicará o lugar aproximado de inserção de cada elemento.
7. NOTAS EXPLICATIVAS — Se necessárias, serão numeradas consecutivamente dentro do texto e colocadas ao pé da página.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS — No final do trabalho, devem ser incluídas, em ordem alfabética por sobrenome do autor, todas as referências citadas no texto, da seguinte forma:
Livros: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores. Título e subtítulo do livro (em itálico). Lugar/Cidade da Editora: nome da Editora (sem constar a palavra "Editora"), ano da publicação.
Ex.: DREYFUS, Hubert L. & RABINOW, Paul. *Michel Foucault: uma trajetória filosófica (para além do Estruturalismo e da Hermenêutica)*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.
Capítulos de livros: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores. Título e subtítulo do capítulo. In: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) dos autores (do livro). Título e subtítulo do livro (em itálico). Lugar/Cidade da Editora: nome da Editora (sem constar a palavra "Editora"), ano da publicação. Páginas.
Ex.: BORNHEIM, Gerd. Sobre o estatuto da razão. In: NOVAES, Adauto (org.). *A crise da razão*. São Paulo: Companhia das Letras; Brasília: Ministério da Cultura; Rio de Janeiro: FUNDARTE, 1996. p. 97-110.
Artigos de periódicos/revistas: sobrenome(s) do(s) autor(es) (em maiúsculas), nome(s) do(s) autor(es). Título e subtítulo do artigo. Nome do Periódico/Revista (em itálico), Lugar/Cidade do Periódico/Revista, volume, número, páginas, mês(es) ano.
Ex.: VEIGA-NETO, Alfredo. Ciência, Ética e Educação Ambiental em um cenário pós-moderno. *Educação e Realidade*, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 141-169, jul./dez. 1994.
Obs.: Em quaisquer desses casos acima, se houver mais de três autores, referir o nome do primeiro seguido de *et alii*.
9. PROCESSO DE AVALIAÇÃO — Coloque o nome do autor, título e instituição apenas na capa. Os artigos serão encaminhados para dois pareceristas. Após, encaminha-se ao autor uma resposta de aceitação, possíveis sugestões de modificações ou recusa do artigo. A avaliação é feita no sistema de duplo cego.
10. DIREITO DE RESPOSTA — Comentário de artigo ou réplica estão sujeitos à mesma regra de publicação e podem aparecer no mesmo ou em subseqüente número.
11. RESPONSABILIDADE IDEOLÓGICA — Os artigos cujos autores são identificados representam o ponto de vista de seus autores e não a posição oficial da Revista, do Conselho Editorial ou UFRGS.
12. REVISÃO — A correção lingüística dos textos em idioma estrangeiro é de responsabilidade do(s) autor(es).
13. A Comissão Editorial reserva-se o direito de publicar textos encomendados, reedições ou traduções que julgar pertinentes, no campo da Filosofia e História das Ciências.

Permuta / Exchange / Cambio / Échange

O Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em História e Filosofia da Ciência do Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados interessa-se em estabelecer permuta de sua publicação EPISTEME com revistas congêneres nacionais e estrangeiras.